Atti

SISFA 2013

XXXIII Congresso Nazionale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia

Acireale 4-7 settembre 2013

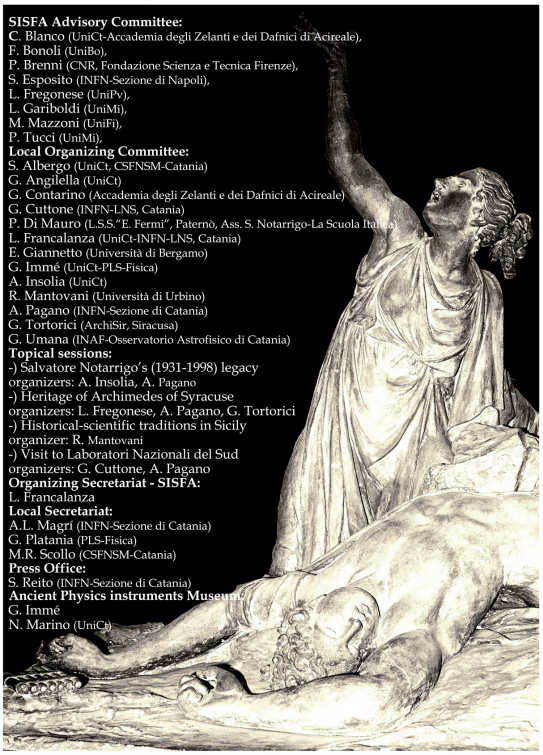
Accademia di Scienze Lettere e Belle Arti degli Zelanti e dei Dafnici
Via Marchese di Sangiuliano, 17, 95024 Acireale (Catania)

Dipartimento di Fisica e Astronomia Catania, INFN sezione di Catania

Archimedes by Luciano Campisi (1885)
Siracusa - Latomia dei Cappuccini

Osservatorio Vincenzo Bellini (Etna 3000 m)

SISFA Advisory Committee:
C. Blanco (UniCt-Accademia degli Zelanti e dei Dafnici di Acireale),
F. Bonoli (UniBo),
P. Brenni (CNR, Fondazione Scienza e Tecnica Firenze),
S. Esposito (INFN-Sezione di Napoli),
L. Fregonese (UniPv),
L. Gariboldi (UniMi),
M. Mazzoni (UniFi),
P. Tucci (UniMi),
Local Organizing Committee:
S. Albergo (UniCt, CSFNSM-Catania)
G. Angilella (UniCt)
G. Contarino (Accademia degli Zelanti e dei Dafnici di Acireale)
G. Cuttone (INFN-LNS, Catania)
P. Di Mauro (L.S.S."E. Fermi", Paternò, Ass. S. Notarrigo-La Scuola Italiana)
L. Francalanza (UniCt-INFN-LNS, Catania)
E. Giannetto (Università di Bergamo)
G. Immé (UniCt-PLS-Fisica)
A. Insolia (UniCt)
R. Mantovani (Università di Urbino)
A. Pagano (INFN-Sezione di Catania)
G. Tortorici (ArchiSir, Siracusa)
G. Umana (INAF-Osservatorio Astrofisico di Catania)
Topical sessions:
-) Salvatore Notarrigo's (1931-1998) legacy
organizers: A. Insolia, A. Pagano
-) Heritage of Archimedes of Syracuse
organizers: L. Fregonese, A. Pagano, G. Tortorici
-) Historical-scientific traditions in Sicily
organizer: R. Mantovani
-) Visit to Laboratori Nazionali del Sud
organizers: G. Cuttone, A. Pagano
Organizing Secretariat - SISFA:
L. Francalanza
Local Secretariat:
A.L. Magrí (INFN-Sezione di Catania)
G. Platania (PLS-Fisica)
M.R. Scollo (CSFNSM-Catania)
Press Office:
S. Reito (INFN-Sezione di Catania)
Ancient Physics instruments Museum:
G. Immé
N. Marino (UniCt)



"Il mito di Aci e Galatea" Acireale - Biblioteca comunale, sala "B" della Pinacoteca

INFN | Università di Catania | CSFNSM | INAF | Piano Lauree Scientifiche

Associazione ArchiSir | Assessorato Regionale dei Beni Culturali e dell'Identità Siciliana | Regione Siciliana Ass. dei Beni Culturali e dell'Identità Siciliana Museo Archeologico Regionale Paolo Orsi | Accademia degli Zelanti e dei Dafnici | Comune di Acireale

Infoline: ++390953785410/5380 http://www.dfa.unict.it/sisfa2013 *Santo Reito designer*

Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia

Atti del XXXIII Convegno annuale

Proceedings of the 33rd Annual Conference

a cura di / *edited by*

Lucio Fregonese – Ivana Gambaro

PaviaUniversityPress

Atti del 33. Convegno annuale / Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia ; a cura di Lucio Fregonese, Ivana Gambaro = Proceedings of the 33rd Annual Conference / Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia ; edited by Lucio Fregonese, Ivana Gambaro. – Pavia : Pavia University Press, 2016. – XVIII, 477 p. : ill. ; 24 cm. – (Atti)

http://purl.oclc.org/paviauniversitypress/9788869520495

ISBN 9788869520488 (brossura)
ISBN 9788869520495 (e-book PDF)

In testa al front.: SISFA, Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia

© 2016 Pavia University Press, Pavia
ISBN: 978-88-6952-049-5

Nella sezione *Scientifica* Pavia University Press pubblica esclusivamente testi scientifici valutati e approvati dal Comitato scientifico-editoriale.

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento anche parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i paesi.

I curatori e gli autori sono a disposizione degli aventi diritti con cui non abbiano potuto comunicare, per eventuali omissioni e inesattezze.

In copertina: *Sala "Cristoforo Cosentini" dell'Accademia degli Zelanti e dei Dafnici di Acireale, sede principale del Convegno SISFA 2013*
© Accademia degli Zelanti e dei Dafnici di Acireale, fotografia eseguita da Salvatore Consoli

Prima edizione: dicembre 2016

Pubblicato da: Pavia University Press – Edizioni dell'Università degli Studi di Pavia
Via Luino, 12 – 27100 Pavia (PV) – Italia
www.paviauniversitypress.it – unipress@unipv.it

Printed in Italy

Sommario

Prefazione

Lucio Fregonese, Ivana Gambaro IX

Il Convegno e il Programma

Lucio Fregonese, Roberto Mantovani, Angelo Pagano XI

INAUGURAL LECTURE

Un cantiere aperto. Le scienze in Italia nel secolo dei Lumi

Paolo Casini 3

HISTORY OF PHYSICS AND ASTRONOMY,
SCIENTIFIC COLLECTIONS AND MUSEUMS IN SICILY

«Lampi in una notte buia». Le vicende dell'astronomia in Sicilia

Ileana Chinnici 25

Astronomia e astrofisica nell'Università di Catania
Un itinerario archivistico (1779-1919)

Salvatore Consoli 45

L'Etna e le stelle. La nascita dell'*Osservatorio Astrofisico di Catania*

Ileana Chinnici, Carlo Blanco 67

La biblioteca scientifica di Giuseppe Piazzi (1746-1826)
Libri di matematica, fisica e astronomia

Donatella Randazzo 85

L'evoluzione dei sistemi orari nelle meridiane a camera oscura di Sicilia

Maria Luisa Tuscano 95

Tra scienza e astronomia
Giacomo Ruffo, visconte di Francavilla
Maria Concetta Calabrese 107

Jacopo Bozza and the electric telegraph in Sicily
Roberto Mantovani 121

La diffusione del sistema metrico decimale in Sicilia
Francesca M. Lo Faro 135

La Collezione Storica degli strumenti di fisica dell'Università di Palermo
Daniela Cirrincione, Ileana Chinnici 143

Pietro Blaserna and the Institute of Physics of the University of Palermo
Giovanni Peres 155

The setting up of the Chemistry Laboratory at the University of Palermo
Roberto Zingales 163

The scientific heritage of the Museum of Engines and Mechanisms
Riccardo Monastero, Giuseppe Genchi 171

Storia della radiologia e ruolo dell'accademia siciliana
Il Museo della Radiologia di Palermo
Massimo Midiri 181

Sicily and the development of econophysics. The pioneering work
of Ettore Majorana and the Econophysics Workshop in Palermo
Rosario N. Mantegna 187

The collection of historical scientific instruments
of the Liceo "Bonaventura Secusio" in Caltagirone
Roberto Mantovani, Daniela Bartolotta 193

La collezione degli strumenti di fisica del barone Enrico Piraino
nel Liceo "Mandralisca" di Cefalù
Maria Antonella Panzarella, Gabriele Marino 207

Le collezioni storico-scientifiche dell'Istituto Tecnico Statale per Geometri
"Filippo Parlatore" di Palermo
Maria Concetta Consentino 215

Esperienze didattiche ed antichi strumenti del Museo Scientifico del Liceo Classico "G. Garibaldi" di Palermo

Giovanna Federico, Donata Rindone 227

Gli strumenti scientifici antichi dell'Istituto Tecnico Commerciale "Francesco Crispi" di Palermo

Irene Mongiovì 239

SALVATORE NOTARRIGO'S LEGACY

La critica di Notarrigo all'interpretazione soggettivistica della meccanica quantistica e alla «pretesa universalità» del teorema di Bell

Vincenzo Fano, Gino Tarozzi 251

The Einstein-Podolski-Rosen paradox and the Notarrigo experiment

Giuseppe Faraci 269

Salvatore Notarrigo. Dalla meccanica quantistica alla scoperta dei Presocratici

Giuseppe Boscarino 277

SCIENCE IN ANTIQUITY

Archimedes between tradition and innovation

Giuseppe Gentile, Renato Migliorato 287

PHYSICS AND SCIENCE IN THE 19TH AND 20TH CENTURIES

Riflessi della ricerca scientifica del XIX secolo nella *Rivista di Giornali* (1858-1879)

Ivana Gambaro, Giuseppe Canepa, Giuseppina Fenaroli 299

Paolo Ballada di Saint Robert e l'*ipsologista*

Federica Maffioli, Andrea Ruggeri 313

Conflating mechanics and thermodynamics in the 1880s Max Planck's thermo-elasticity

Stefano Bordoni 321

I viaggi dell'equatoriale di Merz. Le vicende umane e scientifiche che hanno accompagnato il telescopio a Napoli, a Terranova e a Faenza

Francesco Perrotta, Mauro Gargano 331

The interplay of theoretical assumptions and experimental practice in the history of 20th-century ether-drift experiments
Roberto Lalli 343

The classical ether-drift experiments. An enigma for physics and history of science
Maurizio Consoli, Alessandro Pluchino 361

The genesis of the quantum theory of the chemical bond. Key ideas
Salvatore Esposito, Adele Naddeo 381

Majorana, Pauling and the chemical bond
Salvatore Esposito, Adele Naddeo 391

Two new methods for analysing the disappearance of Ettore Majorana
Stefano Roncoroni 401

Quando si può parlare di scoperta scientifica o tecnica? Il "caso" di Chester Carlson, Pál Selényi e Augusto Righi
Giorgio Dragoni, Ivana Stojanovich, Paolo Cinti 409

Un inedito di John Bell sull'onda pilota di de Broglie
Angela Laurora, Augusto Garuccio 423

PHILOSOPHY OF PHYSICS, EPISTEMOLOGY

Kant's philosophy of knowledge and the four models of a scientific theory
Antonino Drago 433

The kinetic theory of gases was unwarily derived from Huygens-Leibniz-Carnot's formulation of mechanics
Antonino Drago 445

EDUCATION, SCIENCE COMMUNICATION

Physics communication. From past to future
Roberta Raciti 459

Attività didattiche in astronomia realizzate al Liceo Statale "Leonardo" di Giarre
Pietro Romano 469

Abstract 479

Prefazione

La riuscita del XXXIII Convegno Nazionale della SISFA, svoltosi ad Acireale, Catania e Siracusa dal 4 al 7 settembre 2013, deve molto all'appassionato lavoro scientifico e organizzativo di Angelo Pagano e Roberto Mantovani e agli apporti di collaboratori entusiasti e competenti. Consapevoli di questo e dell'impegno dei relatori, abbiamo cercato di contribuire dedicandoci con particolare attenzione alla cura editoriale dei numerosi articoli pervenuti per gli Atti del Convegno.

Il volume si apre con la stimolante relazione storiografica inaugurale che il Prof. Paolo Casini ha tenuto sulla scienza italiana nell'età dei Lumi. Segue un'ampia sezione che raccoglie i contributi dedicati alla Storia della Fisica e dell'Astronomia e alle Collezioni e Musei storico-scientifici in Sicilia. Nel suo complesso, questa sezione allarga notevolmente le nostre conoscenze sulle tradizioni e il patrimonio storico-scientifico presente nell'Isola. La successiva sezione si sofferma sulla figura di Salvatore Notarrigo e in particolare sugli studi che condusse e gli stimoli che esercitò nel campo dei fondamenti della meccanica quantistica. Le sezioni seguenti raggruppano, in ordine cronologico o tematico, i rimanenti contributi presentati su diversi argomenti di Storia della Fisica, Storia dell'Astronomia, Filosofia, Didattica e Comunicazione della Scienza.

Desideriamo ringraziare la Dott.ssa Annalisa Doneda e il Dott. Giovanni Cambielli di Pavia University Press per l'aiuto nelle varie fasi tecniche del lavoro e per l'accurato e utile controllo finale dei testi che abbiamo curato.

Novembre, 2016

Lucio Fregonese, Ivana Gambaro

Il XXXIII Convegno Nazionale SISFA

Il XXXIII Convegno Nazionale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia si è svolto nel 2013 in Sicilia, rinnovando, a più di trent'anni di distanza, l'importante esperienza del III Congresso Nazionale di Storia della Fisica che si tenne a Palermo nell'autunno del 1982. Organizzatore dell'evento fu allora il neocostituito Gruppo Nazionale di Coordinamento per la Storia della Fisica del CNR, che continuò a operare per diversi anni e dal quale la SISFA, costituitasi nel 1999, riprese il testimone scientifico.

Il Convegno, aperto da una relazione generale storiografica del Prof. Paolo Casini sulla scienza italiana nell'età dei Lumi, si è soffermato in vari momenti sulle tradizioni scientifiche della Sicilia, inquadrando questa indagine all'interno del programma scientifico generale che è tipico della Società. In linea con questo interesse per la storia scientifica locale, il Convegno ha avuto un carattere "itinerante" che lo ha portato, dopo le prime due giornate ad Acireale, a toccare anche le città di Catania e Siracusa.

Nelle due giornate iniziali, presso l'Accademia degli Zelanti e dei Dafnici di Acireale, la più antica dell'isola, le relazioni e comunicazioni "siciliane" comprese nel programma, riportato qui di seguito nella forma integrale del 2013, hanno esaminato soprattutto lo sviluppo delle scienze fisico-astronomiche nell'isola, ma hanno toccato anche temi diversi quali l'evoluzione delle scienze naturali e l'econofisica. Ne è emerso un panorama molto ricco, in cui si segnalano in particolare diverse collezioni significative di strumenti scientifici storici oggi ancora conservati presso scuole e università. Le nostre conoscenze sull'evoluzione storico-scientifica e sulla consistenza del patrimonio strumentale siciliano ne escono quindi rafforzate.

Nella terza giornata, a Catania, nella sede del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Catania, si è svolta una sessione tematica dedicata alla figura di Salvatore Notarrigo, scomparso nel 1998, professore ordinario di Fisica Generale e docente di Fisica Superiore, scienziato di valore, che ha operato nel campo della fisica nucleare e della meccanica quantistica e che è anche stato un appassionato cultore di storia della fisica e di epistemologia. In quella giornata ai congressisti sono anche state offerte diverse visite guidate: una alla strumentazione antica, conservata presso il Dipartimento di Fisica, una all'Osservatorio Astrofisico-INAF di Catania e una terza, preceduta da due relazioni sulla storia e le attività recenti, ai Laboratori Nazionali del Sud, uno dei quattro laboratori nazionali dell'INFN. In serata il Convegno si è trasferito sulle pendici dell'Etna dove, oltre a godere del suggestivo scenario lavico, si è data l'opportunità di compiere osservazioni astronomiche con gli strumenti dell'Osservatorio Astrofisico INAF "M.G. Fracastoro" di Serra La Nave (1735 m).

La giornata conclusiva, dedicata ad Archimede nel Museo Archeologico Regionale "Paolo Orsi" di Siracusa, ha proposto infine un excursus di primissimo piano sulla figura e l'opera del grande siracusano, emblema stesso della creatività scientifica.

L'evento congressuale è stato ricordato da un annullo filatelico che ha riprodotto il logo di cui la SISFA si era da poco dotata.

La SISFA ringrazia l'organizzazione locale, in particolare la Sezione di Catania dell'INFN, che ha promosso e fortemente voluto la realizzazione del Convegno, il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Catania e gli Enti di Ricerca che hanno fatto parte integrante dell'organizzazione locale, la Segreteria locale, e quanti hanno dato il loro aiuto entusiastico al Convegno.

La pubblicazione in questo volume del poster congressuale, ideato e realizzato dal Dr. Santo Reito dell'INFN-Sezione di Catania, ci dà la possibilità di rimandare il lettore alla lista completa degli Enti e dei nomi dei Colleghi che con entusiasmo hanno sostenuto il Convegno. A tutti loro va il nostro più sentito ringraziamento, che estendiamo anche ai Dott. Paolo Russotto e Emanuele Vincenzo Pagano dell'Università di Catania e dei Laboratori Nazionali del Sud, per il decisivo supporto alla organizzazione locale. Si ringrazia sentitamente il Prof. Giuseppe Cutispoto e il personale INAF per le due coinvolgenti visite guidate agli Osservatori astrofisici. Il sito della conferenza è stato realizzato dalla Dr.ssa Laura Francalanza, responsabile della Segreteria organizzativa SISFA.

L'ampio volume, che qui si presenta, raccoglie una considerevole parte delle relazioni orali presentate e testimonia il notevole successo di partecipazione che il Convegno ha registrato.

Un ringraziamento va anche all'Assessorato Regionale dei Beni Culturali e dell'Identità Siciliana, alla città di Acireale e alla città di Siracusa per il patrocinio concesso al Convegno SISFA 2013.

Novembre, 2016

Lucio Fregonese, Roberto Mantovani, Angelo Pagano

XXXIII Convegno Nazionale della
Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia

Acireale, Catania, Siracusa, 4-7 settembre 2013

Programma del Convegno

Mercoledì 4 Settembre: Accademia degli Zelanti e dei Dafnici di Acireale

8.30: REGISTRAZIONE

09.00-09.15: Saluti autorità: Sindaco di Acireale o assessore alla cultura; G. Contarino, Presidente Accademia degli Zelanti

09.15-09.30: Introduzione al Convegno: A. Pagano, R. Mantovani, L. Fregonese

09.30-10.25: RELAZIONE DI APERTURA, **Paolo Casini** (Università di Roma "La Sapienza", Professore Emerito) – *Un cantiere aperto: le scienze in Italia nell'età dei Lumi (A Work in Progress: The Sciences in Italy in the Age of Enlightenment)*

10.25-10.40: COFFEE BREAK

10.40-11.15: **Rosario Nunzio Mantegna** (Università di Palermo) - *Il ruolo della Sicilia e dei siciliani nello sviluppo dell'Econofisica: da Majorana all'Osservatorio dei Sistemi Complessi* - Relazione ad invito

11.15-11.50: **Ileana Chinnici** (INAF-Osservatorio Astronomico "G. Vaiana", Palermo) – *"Lampi in una notte buia": le vicende dell'astronomia in Sicilia* - Relazione ad invito

11.50-13.30: COMUNICAZIONI

11.50-12.10: **Mario Alberghina** (Università di Catania) – *Prospetto delle scienze naturali in Sicilia dal XVI al XX secolo*

12.10-12.30: **Andrea Orlando** (Società Italiana di Archeoastronomia) – *Archeoastronomia in Sicilia*

12.30-12.50: **Maria Concetta Calabrese** (Università di Catania) – *Tra Scienza ed Astronomia in Sicilia nel Seicento: Giacomo Ruffo visconte di Francavilla*

12.50-13.10: **Carlo Blanco** (Università di Catania), **Ileana Chinnici** (INAF-Osservatorio Astronomico "G. Vaiana", Palermo) – *L'Etna e le stelle: la nascita dell'Osservatorio Astrofisico di Catania*

13.10-13.30: **Maria Luisa Tuscano** (Associata INAF-Osservatorio Astronomico "G. Vaiana", Palermo) – *L'evoluzione dei sistemi orari nelle Meridiane a camera oscura di Sicilia*

13.30-14.30: PAUSA PRANZO

14.30-17.10: COMUNICAZIONI

14.30-14.50: **Danilo Capecchi** (Università di Roma "La Sapienza"), **Flavia Marcacci** (Università di Urbino) – *Experiments and Principles of Natural Philosophy in Baliani's Epistemology*

14.50-15.10: **Pasquale Tucci** (Università di Milano - Dipartimento di Beni culturali e ambientali) – *Perché il pensiero di Boscovich interessa ancora storici e scienziati?*

15.10-15.30: **Luca Guzzardi** (Università di Pavia - Dipartimento di Fisica) – *La forma della legge: la curva di Boscovich e le sue formulazioni (1745-1763)*

15.30-15.50: **Antonino Drago** (Università di Pisa) – *G.W. Leibniz - Lazare Carnot's Mechanics and Kinetic Theory of Gas*

15.50-16.10: **Antonino Drago** (Università di Pisa) – *The Four Models of a Physical Theory and Kant's Philosophy of Knowledge*

16.10-16.30: **Elena Corradini** (Università di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari") – *L'Osservatorio Universitario nel Palazzo Ducale di Modena*

16.30-16.50: **Roberta Raciti** (Master "Giornalismo e comunicazione istituzionale della Scienza"- Università di Ferrara) – *Comunicazione della fisica: dal passato al futuro*

16.50-17.10: **Giorgio Dragoni** (Università di Bologna - Dipartimento di Fisica) – *Quando, perché e come si attribuisce la paternità di una scoperta scientifica o tecnologica? Il "case study" di Chester Carlson e Augusto Righi*

17.10-17.25: COFFEE BREAK

17.25-19.40: COMUNICAZIONI

17.25-18.00: **Giovanni Peres** (Università di Palermo) – *Pietro Blaserna e l'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo* - Relazione ad invito

18.00-18.20: **Aldo Brigaglia** (Università di Palermo) – *Domenico Scinà e la Sicilia scientifica nell'epoca dei Lumi*

18.20-18.40: **Roberto Zingales** (Università di Palermo) – *La nascita del Gabinetto di Chimica dell'Università di Palermo*

18.40-19.00: **Roberto Mantovani** (Università di Urbino) – *L'isola che non c'è: la nascita della telegrafia elettrica in Sicilia*

19.00-19.20: **Francesca M. Lo Faro** (Dottore di ricerca, Catania) – *La diffusione del Sistema metrico decimale in Sicilia*

19.20-19.40: **Salvatore Consoli** (Università di Catania) – *Astronomia e astrofisica nell'Università di Catania: un itinerario archivistico*

19:50-20-40: Assemblea Generale dei SOCI

Giovedì 5 Settembre: Accademia degli Zelanti e dei Dafnici di Acireale
08.30-11.10: COMUNICAZIONI

08.30-08.50: **Donatella Randazzo** (INAF-Osservatorio Astronomico "G. Vaiana", Palermo) – *I libri di Fisica della biblioteca di Giuseppe Piazzi*

08.50-09.10: **Massimo Midiri** (Università di Palermo) – *Storia della radiologia e ruolo dell'accademia siciliana: il Museo della Radiologia di Palermo*

09.10-09.30: **Daniela Cirrincione** (Laureanda, Università di Palermo) – *Gli strumenti storici dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo*

09.30-09.50: **Giuseppe Genchi** (Università di Palermo), **Riccardo Monastero** (Università di Palermo) – *Il patrimonio scientifico del Museo Storico dei Motori e dei Meccanismi dell'Università di Palermo*

09.50-10.10: **Maria Concetta Consentino** (Istituto Tecnico per Geometri "F. Parlatore", Palermo) – *Le collezioni storico-scientifiche dell'Istituto Tecnico per Geometri "F. Parlatore" di Palermo*

10.10-10.30: **Daniela Bartolotta** (Liceo "B. Secusio", Caltagirone), **Giuseppe Curiale** (Liceo "B. Secusio", Caltagirone) – *Viaggio nel mondo della Scienza: gli antichi strumenti scientifici del Liceo "Bonaventura Secusio" di Caltagirone*

10.30-10.50: **Irene Mongiovì** (Istituto Tecnico Commerciale "F. Crispi", Palermo) – *Gli strumenti scientifici antichi dell'Istituto Tecnico Commerciale. "Francesco Crispi" di Palermo*

10.50-11.10: **Antonella M. Panzarella** (Liceo Mandralisca, Cefalù) – *La collezione degli strumenti di fisica del barone Enrico Piraino nel Liceo Mandralisca di Cefalù*

11:10-11-25: COFFEE BREAK

11.25-13.25: COMUNICAZIONI

11.25-11.45: **Giovanna Federico, Donata Rindone** (Liceo "G. Garibaldi", Palermo) – *Esperienze* didattiche ed antichi strumenti del Museo Scientifico del Liceo Classico "G. Garibaldi" di Palermo

11.45-12.05 **Angela Giglio** (AIF & Istituto Superiore "Vito Fazio Allmayer", Alcamo), **Giuseppa Reina** (Liceo "Cielo d'Alcamo" & Sezione AIF, Alcamo) – *C'era una volta ad Alcamo: l'AIF riscopre gli strumenti storici del Liceo Classico Cielo d'Alcamo*

12.05-12.25: **Stefano Bordoni** (Università di Urbino - Dipartimento di Scienze di Base e Fondamenti) – *Max Planck and Arthur von Oettingen: Formal Analogies between Mechanics and Thermodynamics in the 1880s*

12.25-12.45: **Leonardo Gariboldi** (Università di Milano - Dipartimento di Fisica) – *Il programma di Helmert: strumenti barometrici per misure geodetiche*

12.45-13.05: **Federica Maffioli** (Associazione culturale Saint Robert), **Andrea Ruggeri** (Associazione culturale Saint Robert) – *Paolo Ballada di Saint Robert and the "Hypsologista"*

13.05-13.25: **Mauro Gargano** (INAF-Osservatorio Astronomico di Capodimonte) – *I viaggi del telescopio equatoriale di Merz: le vicende umane e scientifiche che hanno accompagnato il telescopio a Napoli, a Terranova e a Faenza*

13.30-14.30: PAUSA PRANZO

14.30-15.05: **Maurizio Consoli** (INFN-Sezione di Catania) – *Gli esperimenti classici di ether-drift: una prospettiva moderna* - Relazione ad invito

15.05-15.40: **Roberto Lalli** (Max Planck Institute for the History of Science-Berlin) – *The Interplay of Theoretical Assumptions and Experimental Practice in the History of the Ether-Drift Experiments (1887-1960)* - Relazione ad invito

15.40-16.05: COMUNICAZIONE SOLLECITATA

Salvo D'Agostino (Università di Roma "La Sapienza") – *Cento anni di discussioni sulle teorie relativistiche di Poincaré e di Einstein*

16.05-17.05: COMUNICAZIONI

16.05-16.25: **Salvatore Esposito** (INFN-Sezione di Napoli) – *Majorana, Pauling e la teoria quantistica del legame chimico*

16.25-16.45: **Salvatore Esposito** (INFN-Sezione di Napoli)**, Adele Naddeo** (Università di Salerno -Dipartimento di Fisica "E.R. Caianiello", CNISM-Unità di Ricerca di Salerno) – *The genesis of the quantum theory of the chemical bond*

16.45-17.05: **Stefano Roncoroni** (Editori Riuniti) – *Due nuove ipotesi sulla scomparsa di Ettore Majorana*

17.05-17-20: COFFEE BREAK

17.20-19.00: COMUNICAZIONI

17.20-17.40: **Vincenzo Cioci** (Università della Calabria-Gruppo di ricerca di Didattica e Storia della Fisica, University of West Bohemia in Pilsen, Czech Republic-RCTHS) – *Bohr, Oppenheimer e il controllo internazionale delle armi atomiche*

17.40-18.00: **Pietro Romano** (Liceo Statale "Leonardo" di Giarre) – *Attività didattiche in Astronomia realizzate al Liceo Statale "Leonardo" di Giarre*

18.00-18.20: **Francesco Bevacqua** (ITIS "Ferraris" di Acireale)**, Mario Grasso** (ITIS "Ferraris" di Acireale)**, Magnasco Patrizia** (ITIS "Ferraris" di Acireale) – *La determinazione sperimentale della costante di Planck: un test interattivo per verificare la comprensione degli argomenti affrontati durante una sessione sperimentale di laboratorio*

18.20-18.40: **Giuseppe Canepa** (Università di Genova), **Giuseppina Fenaroli** (Università di Genova), **Ivana Gambaro** (Università di Genova), – *Riflessi della ricerca scientifica del XIX secolo nella Rivista di Giornali (1858-1879)*

18.40-19.00: **Fabio Bevilacqua** (Università di Pavia - Dipartimento di Fisica) – *Gli Atti dei Convegni SISFA on line: a work in progress*

19.00-19.25: COMMEMORAZIONE

19.00-19.25: **Gianni Battimelli** – *Ricordo di Maria Grazia Ianniello*

19.40-20.30: Iniziativa culturale Majorana, con rappresentazione "Quanti Majorana"

21.00: CENA SOCIALE

Venerdì 6 Settembre: Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Catania

09.00-12.15: Sessione in onore di Salvatore Notarrigo, Presiede **A. Agodi** (Università di Catania, Professore Emerito)

09.00-09.15: Saluti Autorità (Rettore UniCT, Direttore Dipartimento di Fisica e Astronomia, Sindaco di Villa Rosa o Delegato)

09.15-09.30: **G. Pappalardo** (Università di Catania) – *Ricordo di un Amico*

09.30-09.45: **A. Pagano** (INFN-CT) – *Una vita al servizio della Didattica e della ricerca: Salvatore Notarrigo*

09.45-10.00: **A. Insolia** (Università di Catania) – *Un punto di vista atipico tra onde e particelle*

10.00-10.20: **G. Amata** (Università di Catania) – *Salvatore Notarrigo e la questione ambientale: per una ridefinizione della teoria economica*

10.20-10.40: **E. Giannetto** (Università di Bergamo) – *Salvatore Notarrigo e la storia della relatività*

10.40-11.00: **G. Boscarino** (Pres. Scuola Italica Salvatore Notarrigo) – *Dalla Meccanica Quantistica alla scoperta dei Presocratici*

11.00-11.20: **G. Faraci** (Università di Catania) – *Il Paradosso di Einstein-Podolski-Rosen e l'esperimento di Totò Notarrigo*

11.20-11.30: Interventi Liberi (2 min. max/registrati ad oggi: **G. Immè**, **P. Falci**)

11.30-12.15: **Gino Tarozzi** (Università di Urbino) – *Le due questioni del controllo sperimentale e della 'pretesa di universalità' del teorema di Bell*

12.30-13.30: BUFFET

13.30-15.30: **Dipartimento** di Fisica dell'Università di Catania, visita guidata alle antiche Collezioni di Fisica (a cura di **N. Marino**, **G. Immè**); Osservatorio Solare di Catania, visita guidata (a cura di **C. Blanco e G. Cutispoto**)

<u>Laboratori Nazionali del Sud:</u>

15.30-15.50: **G. Cuttone** (Direttore LNS) – *I Laboratori Nazionali del Sud*

15.50 -16.30: **E. Migneco** (Università di Catania) – *Storia dei Laboratori Nazionali del Sud*

16.30-16.45: COFFEE BREAK

16.45-17.45: visita alle strutture dei Laboratori Nazionali del Sud

17.45: partenza per l'Osservatorio Astrofisico di Catania "M.G. Fracastoro" di Serra La Nave (a cura **C. Blanco**)

CENA SULL'ETNA

Sabato 7 Settembre: Auditorium del Museo "Paolo Orsi" e città di Siracusa [Joint-session dedicata alla figura e all'eredità scientifica di Archimede di Siracusa]

08.30: Partenza per Siracusa

10.00-10.20: Saluti autorità

RELAZIONI AD INVITO:

10.20-11.05: **Fabio Acerbi** (CNRS-Paris) – *Il metodo meccanico di Archimede*

11.05-11.50: **Pier Daniele Napolitani** (Università di Pisa) – *A cento anni da Heiberg: quale Archimede per il XXI secolo?*

11.50-12.05: COFFEE BREAK

12.05-12.50: **Matteo Valleriani** (Max Planck Institute for the History of Science - Berlin) – *L'idrostatica di Archimede nel suo contesto tecnologico*

COMUNICAZIONI

12.50-13.15: **Giuseppe Gentile, Renato Migliorato** (Università di Messina) – *Archimede fra tradizione e innovazione*

13.15-13.35: **Angelo Pagano** (INFN-Catania) – *Archimede e il principio della leva* (compatibilmente con la disponibilità di tempo)

13.40: Partenza per Libera (gita sociale) escursione al sito archeologico di Siracusa (free time)

Indicazioni per consumo pranzo

Visita al Sito archeologico e Teatro di Siracusa

Visita al TECNO PARCO ARCHIMEDE (ingresso e guida gratuiti a cura di **G. Tortorici**)

18.30: Partenza per Acireale

Domenica 8 Settembre: Partenza dei congressisti (organizzazione di transfer Hotel-Catania con taxi o pullman collettivi)

Inaugural Lecture

Un cantiere aperto
Le scienze in Italia nel secolo dei Lumi

Paolo Casini - Università di Roma "La Sapienza" - caspal@tin.it

Abstract: During the recent decades a good deal of work has been made in view of a full reconstruction of the connective tissue of scientific research in 18th-century Italy. A fresh look has been devoted to major and minor scientists, some attempts have been made to recover the dense network of relationships extending from all quarters of the Peninsula towards the academies of Paris, London, Basel, Berlin, Leipzig, Saint Petersburg. These are essential links to reweave as a consistent historical whole the web of scientific ideas and practices developing in the various Italian States. Published and unpublished sources, texts, epistolary exchanges and learned periodicals have been explored. The studies devoted to the various patrons, environments, astronomical observatories and museums of natural history, universities, academies and other institutions help in re-establishing the diffusion and reception of ideas.
The complex relationship between science and society – which has been focused in an articulate way as far as the age of Galileo is concerned – needs to be better explored for the 18th century. The relative decline of science in Italy by the end of the previous century, when the generation of Magalotti, Borelli, Redi, Montanari, Malpighi, Viviani disappeared, was partly the result of the contemporary shift of scientific research from its original centres towards the universities and the academies of Northern Europe. The devastating aftermath of Galileo's trial, the premature death of his direct pupils, the diaspora of some leading figures may suggest some reasons of this eclipse. However the Italian 18th-century naturalists still retained a Galilean-humanistic imprinting. The most creative minds belonging to a new generation – like Galiani, Grandi, Bianchini, Vallisneri, the two Manfredis, Morgagni, Spallanzani, Moro, Boscovich, Frisi, the Riccatis, up to Galvani and Volta – who presented themselves as the inheritors of a huge experimental legacy, were also fine literati, poets, prudent academics, in many cases divines or secular priests often wavering between allegiance to the Roman Catholic tradition and the temptations of Enlightenment. Thus they put a number of remarkable critical problems to the historian.

Keywords: Eighteenth-century Italy, Recent studies on Italian science and society, Newtonianism, Boscovich and Frisi.

1. La luce della scienza

Non occorre dimostrare che una piena sintonia si stabilì tra Seicento e Settecento tra rivoluzione scientifica da un lato, movimento dei Lumi dall'altro; o, per usare termini un po' consunti dall'uso, tra i progressi delle scienze e l'Illuminismo. Basti pensare ad alcuni ovvi riferimenti: l'utopia di Bacone, il *cogito* e la fisica corpuscolare di Descartes, con il radicale rigetto della fisica scolastica; il *Nuncius sidereus* e il *Dialogo sui due massimi sistemi* di Galilei. Circa un secolo più tardi apparvero i più noti "manifesti" dei Lumi, dove la meccanica celeste copernicana, la ripresa dell'atomismo antico, l'empirismo di Locke, l'invenzione del calcolo infinitesimale, la sintesi newtoniana e la rivoluzione scientifica nel suo insieme segnano uno spartiacque del pensiero moderno: l'*Histoire des progrès successifs de l'esprit humain* (1750) di Turgot, il *Discours préliminaire dell'Encyclopédie* (1751) di d'Alembert, il *Discorso sul vero fine delle scienze e delle arti* (1754) di Antonio Genovesi e l'*Esquisse historique des progrès de l'esprit humain* (1795) di Condorcet. Ancora, nella prefazione della *Critica della ragion pura* si parla di Galileo e Newton come termini *a quo* di una profonda «rivoluzione del modo di pensare». Anche se non tutti gli addetti ai lavori – filosofi, matematici, fisici, astronomi, microscopisti, elettrologi, geologi e via dicendo – condivisero l'ideologia del progresso e dei Lumi (con le sue venature massoniche), nella seconda metà del secolo XVIII era ormai diffusa nella cultura europea l'idea di un progetto razionale considerato in grado di svelare gli ultimi segreti della natura, ma anche adatto alla comprensione dei fenomeni storici e alla riforma degli assetti sociali.

Quest'idea, implicita o esplicita, è presente in altre metafore scientiste correnti nel linguaggio dei Lumi: la forza d'attrazione come chiave di interpretazione dei fenomeni materiali e di quelli mentali; la scomposizione della luce bianca nel prisma come soluzione dell'enigma dei colori, ritenuto indecifrabile da molti secoli. «*All was light*»: l'immagine neo-biblica – ma laicizzata – della luce della scienza sperimentale che dissipa le tenebre e si spande nella società, nella cultura, nelle arti, nella politica ha un'evidente pregnanza simbolica. La scoperta epocale di Newton, divulgata e celebrata per decenni in versi e in prosa in tutta Europa, e il connesso trionfo del modello metodico induttivo-deduttivo, comune all'ottica, all'astronomia, alla meccanica, alla geodesia e via via alle altre scienze sperimentali, contribuì a investire e trasformare anche gli antichi *studia humanitatis* – come l'economia, l'etica, la politica – diventati ormai autonomi e maggiorenni rispetto alle gerarchie scolastiche del sapere.

In questa forma, ma anche in altre varianti, i programmi delle riforme e dei Lumi furono ampiamente discussi nei vari Stati della penisola italiana, come Franco Venturi ha mostrato fin nei minimi dettagli. Anche in Italia una mentalità "scientista" penetrò più o meno largamente nell'insegnamento, sebbene i collegi e non poche università fossero egemonizzati dai gesuiti e da altri ordini religiosi: celestini, teatini, scolopi, barnabiti. Più generazioni di economisti, politici, riformatori, usciti da quelle scuole che non erano sempre all'altezza dei tempi, vi appresero comunque i rudimenti del calcolo, dell'ottica e della gravitazione universale. Solo per citare alcune figure eminenti: i due Galiani e Genovesi a Napoli; professori e funzionari toscani come Giovanni Gualberto

De Soria e Gaspare Cerati, gli accademici bolognesi Giampietro Zanotti, i due Manfredi, Maria Gaetana Agnesi; a Milano i fratelli Verri, Cesare Beccaria e gli altri collaboratori del periodico *Il Caffè*; Girolamo Settimo e Domenico Scinà in Sicilia. La ricezione della sintesi newtoniana fu una propedeutica esemplare: valga per tutti l'*Elogio di Newton* scritto dal matematico e fisico milanese Paolo Frisi, a proposito della militanza civile di Newton stesso, deputato al Parlamento, direttore della Zecca, presidente della Royal Society, il quale dimostrò, «quant'era facile d'informarsi degli affari del regno per chi avea combinato insieme i più arcani rapporti dell'universo». E in generale – dice ancora Frisi – «gli affari civili, politici ed economici, quando siano ben intesi, si riducono sempre a dei rapporti molto precisi, a certe particolari combinazioni, che debbono più facilmente comprendersi da quelli, che sono più abituati all'astratta applicazione dei calcoli […]. Lo spirito geometrico, lo stesso metodo delle scoperte fisiche e matematiche è quello che si ricerca negli oggetti più grandi della legislazione e del commercio» (Frisi 1985, p. 87).

2. Tra fine Seicento e primo Settecento

Frisi era stato tra i primi ad abbozzare, nel suo coraggioso *Saggio sul Galileo,* apparso nel periodico milanese *Il Caffè*, un percorso lineare della rivoluzione degli ultimi due secoli in astronomia, matematica, ottica, meccanica: una genealogia Copernico-Keplero-Galileo che Frisi sviluppò non solo nell'*Elogio del cavaliere Isacco Newton* ma negli elogi gemelli di *Bonaventura Cavalieri*, e di *d'Alembert* (quasi dimenticati in Italia, sono stati di recente riscoperti e anche tradotti, l'*Elogio di Newton* in inglese da Rupert Hall, l'*Elogio di d'Alembert* in francese dai curatori dell'edizione). Seguendo la traccia segnata dallo storico enciclopedista Jean-Étienne Montucla nella sua pionieristica *Histoire des mathématiques* (1758), Frisi rivendicò le radici rinascimentali italiane della scienza europea. Nel manoscritto *Sul merito letterario scientifico dei gesuiti*, che lasciò inedito, denunciò in senso opposto le tendenze oscurantiste aprendo, a suo modo, un processo a carico dei matematici e astronomi appartenenti alla Compagnia di Gesù, minimizzandone i meriti e accusandone con veemenza i molti demeriti.

Tra gli storici della scienza questi e altri stereotipi dettati dai furori risorgimentali, nazionalisti, laici, anti-gesuitici, o dalle polemiche confessionali contro l'Illuminismo, sembrano ormai ridimensionati. Sul versante umanistico-letterario si è dissolto il pregiudizio neoromantico e anti-scientista degli storici estetizzanti del Novecento: gli storici della letteratura hanno rinunciato alla formula vacua di "Arcadia della scienza" e hanno contribuito in modo spesso esemplare al recupero degli autori e della "prosa scientifica", come hanno saputo fare Altieri Biagi e Basile in due utilissimi volumi antologici. Inutile aggiungere che chi intende collocare i percorsi della scienza settecentesca in Italia entro una prospettiva storica aggiornata ha l'obbligo di tenere ben presenti gli scambi e gli intrecci con l'orizzonte delle accademie europee, come emergono dagli incessanti sviluppi di un'ampia storiografia internazionale.

Anche a questo proposito si continua a discutere sulla periodizzazione. Non si possono tracciare termini precisi *a quo* o *ad quem* riguardo alla crisi degli ultimi

decenni del Seicento, senza vagliare criticamente gli stereotipi correnti circa il relativo declino della ricerca nella penisola e la dislocazione dai suoi primi epicentri – Firenze, Pisa, Bologna, Padova – verso le università e le accademie dell'Europa del nord. Anche in questo caso i punti di riferimento sono noti: gli esiti devastanti della condanna di Galilei; la scomparsa prematura dei suoi discepoli diretti, che pesò sulla breve vicenda dell'Accademia del Cimento; la nascita di istituzioni nazionali come l'Académie des Sciences, della Royal Society, delle istituzioni reali di Uppsala, Stoccolma, Berlino e San Pietroburgo; la diaspora di dotti come Cassini e Maraldi; la fioritura della ricerca cartesiana e post-cartesiana nelle università olandesi; la diffusione della geometria, della fisica, dell'ottica, della metafisica di Descartes nell'Italia tra fine Seicento e i primi decenni del Settecento.

Negli ultimi decenni si è lavorato intensamente su tutti questi aspetti. Quanto più sembra assottigliarsi l'elenco convenzionale dei successi e delle scoperte, tanto più ardue diventano, riguardo all'Italia, le sfide poste agli storici dalle discontinuità e dalle zone grigie. Se si usa un puro e semplice criterio comparativo rispetto ai centri europei, la vecchia tesi del declino sembra confermata: un'età di transizione, che pure presenta centri di eccellenza, come l'Istituto delle Scienze bolognese – molto praticato dagli storici recenti – e singole figure eminenti, influenti sulla scena internazionale. Già Henry Oldenburg, come ha mostrato Marie Hall nella sua definitiva biografia (2002), aveva intrattenuto corrispondenze con non pochi naturalisti italiani del tardo Seicento – con protagonisti come Borelli, Malpighi, Lancisi, Montanari – che furono nominati membri della Royal Society. Matematici come i gesuiti Riccioli e Saccheri sono da sempre studiati e citati nei manuali. Nonostante questo, si consolidò la convinzione che la penisola fosse scivolata gradualmente in una zona d'ombra, in una sorta di eclissi.

Anche se è indubbio che i grandi eventi si svolsero altrove, fino a che punto la metafora della "decadenza" regge alla critica storica? Non è stato, almeno in parte, un effetto della carenza degli studi italiani e, oltralpe, dell'ignoranza della lingua? Grazie a nuovi studi oggi si vede meglio in che senso i naturalisti del Settecento furono eredi della cultura umanistica post-galileiana: letterati versatili, poeti, in gran parte ecclesiastici e sacerdoti in crisi, divisi tra la nostalgia della tradizione e la tentazione dei Lumi. Mettere a fuoco le loro figure non è stato facile finché ci si è limitati a coltivare asetticamente *in vitro* le loro idee o le loro "scoperte", isolate dal loro contesto culturale e sociale.

Nuova luce è venuta dai documenti, dai testi e contesti dell'impresa scientifica che sono stati esplorati *ex novo*: fondi manoscritti, epistolari, tecniche sperimentali, ma anche istituzioni, osservatori, musei, università, accademie, libri e periodici che documentano i modi della comunicazione e la circolazione delle idee.

In pochi decenni, in Italia e anche su scala internazionale, è cresciuta una storiografia della scienza a più dimensioni. Non si rivolge soltanto ai cultori di scienze in senso tecnico-disciplinare, ma mira a colmare lacune profonde nell'informazione di storici, letterati, e altri curiosi interessati a questo capitolo, diventato centrale, nella storia delle idee. Lo si può constatare percorrendo le mappe provvisorie apparse dagli anni Sessanta in poi: tentativi di sintesi ormai datati come *The edge of objectivity* (*Il criterio dell'oggettività,* 1981) di Charles Gillispie, o *Science and the Enlightenment* (1985) di

Thomas Hankins. Si può constatare che in questi libri il panorama italiano era quasi totalmente ignorato. Nella raccolta di saggi *The emergence of science in Europe* (1975), a cura di Maurice Crosland, un debole saggio sui matematici del rinascimento sfiora Tartaglia e Guidubaldo Del Monte, e poi conclude che «i contributi degli italiani durante l'età della decadenza restano sostanziali, non soltanto perché ampliarono varie branche della fisica, ma in idrodinamica ed elettricità, e ancor più nella storia naturale, biologia e geologia». Ed è tutto. Non si può dire che la scena si infoltisca gran che in manuali più recenti, come *The Oxford Companion to the history of modern sciences* o *The Cambridge History of science* dove, nelle sezioni settecentesche, figurano solo brevi voci intessute di luoghi comuni su Spallanzani, Galvani, Volta, mentre un silenzio di tomba regna su figure di non minore rilievo come Boscovich, Frisi, Oriani, Piazzi e tanti altri.

Le storie generali della scienza apparse in Italia negli ultimi tre o quattro decenni sono prodotti di compilazione e collaborazione, a volte di buona fattura. Per quanto riguarda il Settecento scientifico italiano, la lacuna più evidente riguarda la "storia sociale della scienza" oggi così pervasiva e così richiesta. L'osservazione vale per un'opera pionieristica, certo meritoria nel suo genere, come quella diretta da Paolo Rossi nel 1980. Vale anche *a fortiori* per un'opera collettiva più recente, la *Storia della scienza* pubblicata dall'Istituto dell'Enciclopedia Italiana. Nelle parti introduttive degli undici grandi volumi si possono leggere – anche *online* – tentativi di sintesi e schemi generali di storia sociale della ricerca. Il volume VI, dedicato all'età dei Lumi, si apre con rapide linee guida dovute a uno storico esperto come John Heilbron, che toccano soprattutto le aree del nord Europa, ma sfiorano solo marginalmente l'area italiana. Eppure l'autore di *Electricity in the 17th and 18th centuries. A study of early modern physics* (1979) ha esplorato con competenza la cultura scientifica della penisola soprattutto nel *case book* dal titolo *The Sun in the church. Cathedrals as solar observatories* (1999), e ha dedicato vari saggi a Galilei, Bianchini, Galvani, Volta. Il VI volume della *Storia della scienza* edito dall'Enciclopedia Italiana è redatto in gran parte, come gli altri, da storici anglofoni; e si può dire che, per esser stato programmato, coordinato e stampato in Italia, è un'occasione perduta, almeno per ciò che riguarda la scienza italiana del Settecento. Qualche esempio: Frisi e Bianchini non sono neppure nominati. La scienza dei gesuiti non esiste. I nomi di Grandi, Guglielmini, Poleni, Boscovich compaiono sì in varie sezioni, ma i riferimenti sono assai convenzionali. La polemica tra Galvani e Volta è sunteggiata con notizie stereotipe ormai accantonate in un'appendice non firmata, evidentemente un supplemento editoriale al lacunoso articolo d'importazione. Certe vistose ripetizioni e sbilanci interni si debbono sia alla griglia disciplinare troppo rigida, sia alla coesistenza non sempre pacifica tra linee di tendenze divergenti. Ciò non esclude che all'interno del volume, nei settori a loro affidati, collaboratori come Ferdinando Abbri, Niccolò Guicciardini, Mariateresa Monti, Marco Beretta e Antonio Di Meo abbiano fatto del loro meglio per colmare le lacune dell'intero progetto.

A parte le sintesi provvisorie vecchie o nuove, la cultura scientifica italiana del Settecento ha finalmente trovato spazio e udienza nella recente storiografia internazionale. Certi vuoti, spiegabili forse con l'ignoranza della lingua e della cultura, hanno cominciato a colmarsi dacché, per farsi capire, non pochi nostri

studiosi hanno deciso di comunicare nel *new Latin*. Si procede su piani molteplici verso un'integrazione di singole figure e tematiche nel quadro di una "storia sociale della scienza" *in fieri*, che non ignora istituzioni, contesti, stili di ricerca. Non è possibile entrare nei dettagli: esistono ormai, argomento per argomento, bibliografie ampie e articolate. Debbo procedere per "campioni" e limitarmi a menzionare alcuni momenti e alcune figure chiave: la penetrazione della sintesi newtoniana in Italia, Guido Grandi, Francesco Bianchini, Francesco Algarotti, poi ancora Frisi, Boscovich e i loro rapporti.

3. Il caso dell'ottica e la legge gravitazionale di Newton

La recezione dell'ottica newtoniana e della teoria della gravitazione è stata oggetto di non poche ricerche a tutti i livelli, storico, letterario, scientifico. Anche in alcuni panorami ad ampio raggio dovuti a studiosi internazionali il "momento newtoniano" si presenta come un raccordo essenziale tra l'eredità galileiana, perdurante in Italia più che in Francia o in Inghilterra, e gli sviluppi successivi.

Fin dal 1707 Celestino Galiani e altri personaggi della cerchia ecclesiastica romana e bolognese sostennero che gli esperimenti con il prisma descritti nell'*Optice*, più volte replicati, confermavano le premesse metodiche e le leggi sperimentali sulla luce e i colori enunciate da Newton. Francesco Bianchini, nel 1713, durante la sua visita a Londra, riferì personalmente al presidente della Royal Society che gli esperimenti col prisma corrispondevano *ad amussim*. Eppure in queste testimonianze manca un requisito essenziale della comunicazione scientifica, la pubblicità. Anche se l'ottica non era proibita da alcun decreto del Santo Uffizio, le affermazioni dei primi monsignori e prelati newtoniani restarono consegnate a corrispondenze private. Non vi furono conferme pubbliche e la certezza del successo fu una pratica un po' iniziatica. Certo, non si può dubitare della buona fede di quei dotti ecclesiastici; ma non si può neppure escludere che la teoria dei colori captasse il loro consenso in primo luogo per i suoi grandi pregi di chiarezza, evidenza, coerenza e eleganza metodica. Quanto ai test sperimentali di controllo, risulta che il fenomeno della scomposizione e ricomposizione della luce bianca mostrava un ampio margine di imprecisione e di errore, soprattutto se si usavano i prismi "italiani" disponibili sul mercato.

Una testimonianza in tal senso è fornita dalla controversia pro e contro l'*Optice* provocata dal dilettante veneto Giovanni Rizzetti negli anni dal 1723 al 1741. Fu un caso, un esempio di contro informazione scientifica che fece discutere a Padova, Lipsia e Londra. Rizzetti, in vari articoli apparsi negli *Acta Eruditorum* di Lipsia, dichiarò di aver falsificato uno per uno, prisma alla mano, i teoremi e i corollari di Newton sulla scomposizione, diffrazione e ricomposizione della luce solare. Convinse molte persone, tra cui Otto Mencke e altri seguaci di Leibniz, mentre i suoi saggi suscitarono ovviamente i fulmini di Newton, annotati in alcune sue pagine manoscritte. Non si debbono dimenticare le ferite ancora aperte della celebre disputa tra Newton e i leibniziani sulla priorità dell'invenzione del calcolo, da poco conclusa. John Theophilus Desaguliers, il socio sperimentatore della Royal Society, fedele interprete della

ortodossia newtoniana, s'incaricò di confutare in pubbliche dimostrazioni le tesi di Rizzetti, alla presenza di diversi abati italiani (Casini 1997).[1]

Lo stesso accadde per iniziativa di alcuni colleghi di Rizzetti, membri dell'Accademia delle Scienze bolognese. Come narra negli *Acta* il segretario Francesco Zanotti, nel 1727 l'allora adolescente Francesco Algarotti replicò in pubbliche sedute gli esperimenti di dispersione della luce nel prisma per falsificare le obiezioni di Rizzetti. I suoi primi tentativi andarono a vuoto, finché ci si rese conto che il difetto stava nei «prismi italici». Bastò far venire prismi di miglior vetro dall'Inghilterra e, ancora una volta, «tutto fu luce». La vicenda è inserita per esteso nei *Dialoghi sull'ottica neutoniana,* apparsi per la prima volta a Napoli (in realtà a Venezia) nel 1737.

Si può concludere che il caso Rizzetti fu il *casus belli* a cui si deve, se non altro, la singolare opera di divulgazione di Algarotti, frivola in apparenza, che indusse Voltaire a ritentare l'impresa con un altro best-seller, gli *Elemens de la philosophie de Newton*. Si sa che i dialoghi algarottiani, rieditì con il titolo *Newtonianismo per le dame* (1741) e subito tradotti in molte lingue, non avevano mai avuto buona stampa presso gli storici italiani della letteratura, per lo più diffidenti dinanzi alla cosiddetta "Arcadia della scienza" – il *tòpos* fuorviante di fine Ottocento – e dediti a privilegiare piuttosto gli scritti di estetica e di viaggio di Algarotti. Ma già trent'anni fa il grande storico britannico Rupert Hall sottolineò nella sua prolusione al convegno bolognese su *Scienza e letteratura* i meriti per così dire educativi dei *Dialoghi* di Algarotti, che contengono una sottile confutazione del senso comune "cartesiano" diffuso nella cultura italiana e in gran parte del continente. Algarotti, mettendo in scena il conflitto tra la fisica a priori di Descartes, l'empirismo lockiano e l'ottica newtoniana, nonostante la frivolezza del tono «trasmise con gran cura – secondo Hall – i punti essenziali di un ampio contesto di pensiero» (Hall 1982, p. 39). Nella sua storia della recezione dell'ottica newtoniana lo storico ha ricapitolato in più pagine gli argomenti discussi nei *Dialoghi* di Algarotti (Hall 1993). Altri storici, per esempio Mordechai Feingold, nel catalogo storico ragionato di una grande mostra tenuta a New York nel 2002, mette a profitto i molti studi italiani sull'argomento e dà largo spazio non soltanto al divulgatore Algarotti, ma a pionieri del calcolo e della fisica newtoniana come Guido Grandi, Celestino Galiani, Francesco Bianchini, Laura Bassi, Maria Gaetana Agnesi. Non va dimenticato il contributo di Mauro De Zan, che documentò le complesse vicende della composizione, della condanna all'Indice *donec corrigatur*, delle successive revisioni e dei compromessi che l'autore del *Newtonianismo per le dame* dovette accettare, edizione dopo edizione, per poter ripubblicare in Italia l'opera. Algarotti era infatti un frammassone, unico perseguitato tra i newtoniani italiani, transfuga a Parigi e a Berlino per aver osato contrabbandare in forma salottiera la sua esposizione dell'ottica e della gravitazione universale, sospetta non solo di eliocentrismo, ma di empirismo, sensismo e altre diavolerie ereticali. Oggi la bibliografia più completa sul caso Algarotti si può trovare in un sito internet in italiano dell'Università di Treviri,[2] e anche se manca tuttora un'edizione critica che ripercorra le complicate vicende editoriali del libro, importanti per capire un aspetto

[1] Una riabilitazione di Rizzetti e della sua impresa è stata tentata a tre secoli di distanza da Franco Giudice, ma debbo dire, nonostante l'acume della sua discussione, che la sua tesi non è convincente.
[2] URL: <http://www.algarotti.uni-trier.de/> [data di accesso: 15/10/2016].

della storia sociale della scienza di metà secolo, l'edizione 1752 dei *Dialoghi* si può leggere *online*, in italiano e nella traduzione inglese settecentesca.[3]

Se con Algarotti siamo in una zona di confine tra scienza e letteratura, tornando all'inizio del secolo e alla scienza "dura", l'opera di Guido Grandi, frate vallombrosano, è stata oggetto di ottimi studi. Grandi – geometra, matematico, storico – cultore dei metodi di esaustione ma convertito al calcolo integrale, fu uno dei pochi interlocutori italiani di Newton. Oggi la migliore introduzione alla sua figura è la voce a lui dedicata nel *Dizionario biografico degli italiani* dove, dopo aver dato informazioni di prima mano e una bibliografia esaustiva, l'autore, Ugo Baldini, nota che «mancano studi complessivi sul Grandi e le bibliografie sono spesso settoriali».

Quanto alla vicenda assai più ampia e articolata della recezione del calcolo in Italia nel primo Settecento basti qui ricordare, dopo i molti studi di Luigi Pepe, la ricostruzione ben documentata e pressoché definitiva della vicenda dei rapporti tra Jacob Hermann e i matematici italiani (1997), opera di Silvia Roero e Silvia Mazzone, che hanno analizzato tutti gli aspetti dell'influenza che il maestro svizzero esercitò a Padova negli anni 1707-1713 sotto la guida discreta dello stesso Leibniz.

Tra gli scienziati protagonisti del primo Settecento italiano ha riacquistato una fisionomia a tutto tondo la poliedrica figura dell'astronomo, antiquario e storico veronese Francesco Bianchini, grazie anzitutto alle ricerche del compianto Salvatore Rotta, autore della ricchissima voce inserita a suo tempo nel *Dizionario biografico degli italiani*, e grazie agli studiosi che hanno documentato *ex novo* i molti aspetti della sua attività letteraria e scientifica in due convegni tenuti a Augsburg nel 2003 e a Verona nel 2004. Seguace di Montanari, cripto-copernicano fin dalla sua prima educazione nel collegio gesuitico di Bologna, Bianchini entrò nella cerchia del *Giornale de' Letterati* romano, diventò bibliotecario in casa Ottoboni e poi fiduciario di papi e cardinali. Sempre a Salvatore Rotta si deve la rara edizione a stampa del suo diario di viaggio in Inghilterra (1713), con i resoconti dei suoi incontri con Newton, della visita all'osservatorio di Greenwich e della partecipazione a varie sedute della Royal Society di Londra. Le sue abilità di astronomo, messe a fuoco di recente in due saggi di John Heilbron, gli valsero l'incarico più prestigioso della sua carriera: la costruzione della meridiana di Santa Maria degli Angeli, anche se il merito più rilevante dell'astronomo consisté nelle osservazioni del pianeta Venere, raccolte nel trattato *Hesperi et Phosphori nova phaenomena* (1728).

4. Boscovich e Frisi

L'importanza degli epistolari per ricostruire gli intrecci delle ricerche e degli scambi tra scienziati italiani ed europei è posta in piena evidenza dal notevole arricchimento della documentazione disponibile attorno a due figure chiave: Ruggero Boscovich e Paolo Frisi. Il carteggio Boscovich – che consta di oltre tremila lettere, conservate in gran parte a Berkeley in California o disperse in molte altre biblioteche – ha già suscitato

[3] URL: <http://www.cis.unibo.it/cis13b/bsco3/algarotti/introbyed/algintrobyed.pdf> [data di accesso: 15/10/2016].

importanti ricerche sulla vita e l'opera del matematico gesuita, ed è stato reso leggibile in varie raccolte a stampa, oltre che in alcuni dei 16 CD Rom apparsi finora dell'Edizione nazionale Boscovich. Un epistolario quasi altrettanto vasto e ramificato, ma in gran parte ancora inedito o da esplorare, è formato delle circa 2500 lettere scritte e ricevute da Paolo Frisi, sparse tra la Biblioteca Ambrosiana e altre biblioteche italiane e straniere, dall'Aia a Basilea, da Ginevra a Londra, Parigi, Stoccolma, Vienna, Uppsala. Ne esiste un accurato regesto a cura di Rosy Candiani, alla quale si debbono anche l'indice particolareggiato dei fondi manoscritti frisiani conservati soprattutto al Politecnico di Milano, le esaurienti bibliografie delle opere a stampa di Frisi, infine la lista dei 266 lavori di biografia e critica che lo riguardano (dal 1751 fino al 1985). Questi repertori figurano nei due volumi *Ideologia e scienza nell'opera di Paolo Frisi,* atti del convegno tenuto a Milano nel giugno 1985. È apparsa in seguito l'ampia voce del *Dizionario biografico* dedicata a Frisi da Ugo Baldini, sintesi assai efficace che presenta di scorcio l'intero arco delle sue attività di matematico, insegnante a Casale Monferrato, Pisa, Milano, astronomo, viaggiatore, addetto dal governo imperiale alla censura e funzionario teorico e pratico di idraulica, protagonista delle riforme teresiane riguardo alla regolamentazione dei corsi d'acqua, fiumi e canali navigabili della Lombardia (la "scienza delle acque" fondata da Galileo e Benedetto Castelli e coltivata nella penisola per tutto il Settecento da generazioni di teorico-pratici).

«Sul Frisi si è scritto molto – notavano nel 1985 Guido Tagliaferri e Pasquale Tucci – ma più sulla sua figura di illuminista e di uomo pubblico che sulla sua opera di scienziato. Un'esauriente disamina di quest'ultima manca tuttora, anche se qualche singolo pezzo della produzione scientifica è stato studiato […]» (Barbarisi 1987, v. I, p. 145). È trascorso quasi un trentennio, ma si può dire che la lacuna sia sempre aperta. Non è superata l'oscillazione tra elogi e riserve, mai mancata in passato, rinnovata nei sondaggi condotti in quello stesso convegno sui vari aspetti del matematico, geodeta, astronomo, architetto, ingegnere, esperto di elettricismo e di idraulica nelle relazioni di Galuzzi e Di Sieno, Brigaglia, Nastasi, Citrini, Abbri, Benvenuto, Consoli.

Boscovich, al contrario, gode di una reputazione crescente, a giudicare dai numerosi convegni dedicati al gesuita ragusino – croato per i croati, ma italiano sulla sponda ovest dell'Adriatico – a Brera nel 1961, 1987, 2011, a Roma nel 1988. Si tratta di occasioni celebrative; ma se si tiene presente l'ampia letteratura critica apparsa negli intervalli, è facile rendersi conto che il *trend* corrisponde a un interesse autentico riguardo ai vari settori di ricerca in cui Boscovich fu attivo. Le riletture di alcuni testi divulgativi più noti – i dotti commenti dedicati da Boscovich ai poemi didattici del confratello Borgondio e di Stay, le dissertazioni giovanili sul moto terrestre, le memorie sulla luce e sull'ottica, le osservazioni astronomiche della maturità, e *last but not least*, scritti "arcadici" come i *Dialogi sull'aurora boreale* o il poema sulle eclissi, *De solis ac lunae defectibus* – hanno posto l'esigenza di rileggere nell'insieme non soltanto l'*opus maius* di Boscovich *Philosophiae naturalis theoria* (1758), ma tutta l'opera, in riproduzioni digitali delle stampe settecentesche. È l'intento ancora incompiuto di un'Edizione Nazionale, progettata in questi anni difficili grazie soprattutto alla tenace perseveranza di Edoardo Proverbio, al coinvolgimento dell'Accademia Nazionale detta dei XL, e di un'intera *équipe* di eminenti storici della cultura scientifica.

Frisi e Boscovich furono colleghi, prima corrispondenti e poi rivali, nelle scuole di Pavia e Milano, soprattutto riguardo alla creazione dell'Osservatorio gesuitico di Brera, come mostrano i documenti epistolari già studiati da Gustavo Costa. A parte certi tratti in comune, ebbero profonde divergenze sia di formazione che di opinioni. Nell'ultimo convegno boscovichiano del 2011 una perspicace, sistematica ricostruzione dei loro rapporti, dovuta a Monsignor Franco Buzzi, conferma che le buone relazioni inziali tra i due furono seguite da un sordo conflitto, dovuto in parte a dissensi e gelosie di mestiere, ma soprattutto dettato da due prospettive epistemologiche inconciliabili. Frisi, seguace del sensismo lockiano e del fenomenismo scettico di d'Alembert, condivideva la filosofia corpuscolare dei newtoniani. Al contrario le radici filosofiche di Boscovich, come ha ricordato in particolare Baldini, provenivano dalla concezione neo-scolastica della natura che si insegnava nei collegi gesuitici, con l'intento di adattare certe remote premesse aristoteliche all'empirismo e all'atomismo correnti tra i sostenitori dell'ottica corpuscolare e alla fisica dell'attrazione. Da questo punto di vista l'impianto della *Philosophiae naturalis theoria* – ossia l'ipotesi della materia e delle forze elementari ridotte alla celebre curva asintotica unitaria – è difficilmente comprensibile se non si tiene conto del suo retroscena metafisico concordistico, newtoniano-leibniziano, sullo sfondo della *materia actuosa* di reminiscenza peripatetica. In questo difficile innesto Boscovich riformulò il concetto di forza, un'idea della materia come nesso di forze attrattivo-repulsive, e l'intera teorizzazione dell'*unica lex* che ritenne capace di spiegare la varietà dei fenomeni – luminosi, elettrici, coesivi, chimici – tuttora insoluti ed enumerati nell'ultima *Quaestio* dell'*Optice* di Newton. Come premessa, nelle memorie *De lumine* e *De viribus vivis*, Boscovich aveva già messo in crisi i postulati della meccanica classica variamente discussi nella disputa tra Leibniz e Clarke: il tempo e lo spazio assoluti e lo stesso principio d'inerzia, la trasmissione rettilinea della luce negli spazi cosmici, la riduzione della massa attrattiva a un punto centrale dei corpi cosmici. Sono cose note, che rammento soltanto per render conto di due motivi: l'incomprensione a cui l'ambiziosa ipotesi di Boscovich, «a Dio spiacente e agli inimici sui», andò incontro sia all'interno dell'ordine gesuitico, sia tra i suoi avversari e nelle cerchie degli scienziati illuministi continentali, ma non in Inghilterra, dove fu accolta con interesse.

Monsignor Buzzi non ha torto di sottolineare, dal suo punto di vista, il disinvolto deismo di Frisi, modellato sulla miscredenza del suo mentore accademico d'Alembert, e la loro sintonia riguardo all'attacco retrospettivo contro i dotti gesuiti e contro la Compagnia di Gesù, ormai "distrutta" dal breve papale del 1765 (Buzzi 2013). Donde anche l'ostilità di d'Alembert e dell'ambiente enciclopedistico nei confronti di Boscovich durante gli anni del suo soggiorno a Parigi. Una curiosa ambivalenza di giudizio di d'Alembert circa i lavori di Frisi mostrerebbe d'altra parte che, al di là dell'amicizia, una certa disistima del primo verso quest'ultimo era nutrita di ragioni professionali e ideologiche. Il discorso ipercritico di Buzzi tende a screditare Frisi sia come matematico che come ideologo dei Lumi, più interessato alle applicazioni pratiche e alle matematiche «miste» che non alle matematiche «sublimi», care invece a Boscovich, come risulterebbe anche da un primo sommario confronto tra le rispettive indicazioni educative per le scuole di Pavia e di Milano.

Questo paragone tra Boscovich e Frisi appare tuttavia implicitamente riduttivo. Ho l'impressione che qui, come in altri casi, vi sia un nodo di problemi sempre rinviati e mai risolti. La stima diffusa che circonda Boscovich considerato come "precursore" della fisica relativistica – di per sé una categoria di giudizio problematica – non può ovviare alla necessità di un esame approfondito, finora mancante, della produzione scientifica e della figura di Frisi. Resta comunque aperto l'evidente paradosso di un gesuita, sempre rimasto fedele al proprio ordine, ma sospettato di disobbedienza dai propri superiori. Boscovich fu astronomo, matematico, geodeta stimato da non pochi colleghi laici europei, inviso ad altri, teorici militanti dei Lumi e dell'idea di progresso: dunque una figura di *homo duplex*, legato, volente o nolente, per condizione, frequentazioni e stile di vita, all'*ancien régime* ma avanzatissimo come matematico e fisico rispetto ai paradigmi teorici predominanti al suo tempo.

Mi sembra evidente che un giudizio ben ponderato sul caso Boscovich implicherebbe considerazioni articolate su due questioni storiografiche difficili e tuttora irrisolte: A) la dicotomia corrente tra "Illuminismo" e "anti-Illuminismo", che non è nei singoli individui e nei fatti, come spesso è stata presentata, una rozza alternativa tra culture, ma – come già è accaduto riguardo al concetto di Rinascimento – una polarità piena di chiaroscuri, sulla quale si è ormai accumulata un'ampia messe di studi, dedicati appunto all'esame di temi complessi come *Lumières / anti-Lumières; Enlightenment / Counter-Enlightenment; Aufklärung / Gegen-Aufklärung*; B) il nesso, cui ho già accennato, tra cultura scientifica e ideologia dei Lumi, che va ben oltre una giustapposizione convenzionale tra i due termini. Debbo tuttavia aggiungere che il vento di revisionismo storiografico indotto dal riflusso anti-illuministico degli anni recenti non è convincente, e che, per esempio, le riabilitazioni a tutto campo dei dotti allora perdenti, gli scienziati e i letterati della *Societas Jesu*, vanno prese con beneficio d'inventario.

5. La ricerca settecentesca sui sistemi viventi

Se ci si dovesse attenere a schemi di giudizio rigidi, si dovrebbero collocare ai margini della cultura dei Lumi protagonisti di prima grandezza della ricerca biologica come Antonio Vallisneri e Lazzaro Spallanzani, due abati quasi conformisti che, grazie a una serie di studi recenti, sono gradualmente ritornati a occupare il posto che compete loro al centro della scienza italiana. Vallisneri, trascurato a lungo negli studi, è una figura di collegamento, per così dire, tra la ricerca sulla generazione animale di età galileiana e le discussioni embriologiche dei Lumi – ossia tra Redi e Malpighi da un lato, Spallanzani dall'altro. Vallisneri è stato riscoperto anche come filosofo naturale, adepto di Leibniz nei suoi studi sui vari regni della natura e sulla «grande catena dell'essere», per le sue polemiche sugli inviluppi con il vitalista Francesco Nigrisoli e Antonio Conti, per le sue ingegnose ipotesi idrogeologiche sull'origine delle fontane. Dopo il significativo lavoro d'insieme di Walter Bernardi, *Le metafisiche dell'embrione* (1986), un susseguirsi di convegni, mostre, seminari e pubblicazioni, animati da Dario Generali, è culminato nel progetto di un'Edizione Nazionale (1999). Ne sono apparsi finora tre volumi di epistolari, due di «quaderni di osservazioni» rimasti manoscritti, altri due di «consulti medici» e

quattro di opere edite dall'autore, tra cui l'*Istoria della generazione dell'uomo.* Una notevole nota biografica leggibile *online*, critica e informativa su Vallisneri e sullo stato degli studi, mi esime da aggiungere altri dettagli.[4]

Lazzaro Spallanzani, definito generalmente "neutrale" rispetto alle battaglie ideologico-politiche dibattute in tutta Europa, fu tuttavia un interlocutore privilegiato di personaggi di varia tendenza: il medico, fisiologo e poeta Albrecht von Haller, diviso tra scienza, estasi naturalistica e fede; il microscopista gesuita britannico John Turbeville Needham; il devoto visionario ginevrino Charles Bonnet; lo scettico e cripto-materialista Louis Leclerc de Buffon, autore dell'*Histoire naturelle;* né ebbe scrupoli a entrare in corrispondenza con l'empio e deista militante Voltaire. Formato alla scuola dei gesuiti, l'abate Spallanzani aveva preso gli ordini minori e maggiori per poter accedere alle cattedre di Modena e di Pavia. Pur essendo grande ammiratore di Bonnet e traduttore italiano dei suoi scritti, così intrisi di teleologismo e trascendentalismo, non si perse nelle questioni teologico-metafisiche più o meno edificanti tanto dibattute tra i contemporanei in margine alle teorie in conflitto sulla generazione spontanea e sulla preformazione. Praticò con estremo rigore la tecnica sperimentale consistente nel porre domande alla natura per costringerla a rispondere, nel ripetere instancabilmente esperimenti guidati come test di ipotesi alternative riguardo all'anatomia, fisiologia, riproduzione di animali, vegetali e zoofiti. Basti ricordare la sua partecipazione alla grande disputa circa le congetture sulla generazione animale e le funzioni di spermatozoi e ovuli; le ricerche di laboratorio sulla rigenerazione di lumache, lombrichi, polipi, salamandre e sulla reviviscenza dei rotiferi; i primi esperimenti di fecondazione artificiale, gli studi sulla digestione e sulla respirazione, le ricerche sul "sesto senso" dei pipistrelli e tante altre pioneristiche indagini sui sistemi viventi. Più che di "neutralità" ideologica, o di precorrimenti di scoperte future, si può probabilmente parlare, a proposito di Spallanzani, di un'originalità che, operando sulle più enigmatiche linee di confine tra vivente e non vivente, caso e necessità, consisté nell'aver messo tra parentesi ogni falso dilemma circa l'intervento divino, la teleologia provvidenzialistica, la spontaneità o l'autonomia della materia, il materialismo e il miracolo.

Sono tratti che emergono sempre più nitidamente dagli ingenti materiali editi e inediti sui quali sono tuttora in corso importanti lavori di ricognizione e di analisi. La vecchia Edizione Nazionale in sei volumi curata nel 1934 dall'Accademia d'Italia è totalmente superata. Fu indubbio merito di interpreti, editori e pionieri come Jean Rostand, Carlo Castellani, Pericle Di Pietro e Paola Manzini rendere possibile la nuova Edizione Nazionale, che dal 1984 a oggi ha raggiunto i 24 volumi divisi in varie sezioni: i carteggi, le lezioni, gli scritti letterari, le opere edite, i manoscritti e quaderni di esperienze, i viaggi naturalistici.[5] Com'è inevitabile, ampliandosi l'orizzonte dei rapporti con i contemporanei e degli appunti e abbozzi di ricerca, cresce non solo la mole, ma la qualità dei lavori sperimentali di Spallanzani. Alla complessità delle tecniche praticate dal naturalista di Scandiano rispondono nuove linee di ricostruzione: così Maria Teresa Monti ha esplorato analiticamente il *corpus* dei documenti

[4] URL: <http://www.vallisneri.it> [data di accesso: 15/10/2016].
[5] URL: <http://www.unipv.it/webbio/spalla99/spallanz.htm> [data di accesso: 15/10/2016].

riguardanti le rigenerazioni animali, i momenti dell'inchiesta, delle esperienze, della comunicazione epistolare privata e di quella pubblica a stampa, le polemiche successive, i progetti rimasti inediti e incompiuti. Altri studiosi hanno condotto sondaggi sulle osservazioni raccolte dal viaggiatore scientifico in Italia, in Turchia, nel Mar Nero e sulle Alpi, che spaziano dalla stratigrafia dei depositi alluvionali ai vulcani e alle rocce, senza trascurare i fossili, le specie viventi e le popolazioni umane. La prospettiva sperimentale di Spallanzani, riesaminata alla luce di criteri epistemologici sofisticati – visibilità dei fenomeni, costruzione dell'oggetto sperimentale, nesso tra fenomeni e ipotesi di lavoro – mostra una singolare modernità di approccio. La rapida obsolescenza delle sintesi e delle biografie rende indispensabile il ricorso al web: il portale dell'Edizione Nazionale offre ampie bibliografie, indicazioni sulla vita e sulle opere, progetti e aggiornamenti, convegni e iniziative didattiche, e testimonia tra l'altro eccezionale *pietas* da parte dell'intera comunità di Scandiano per il grande concittadino, venerato come un patrono della città.

6. Discipline emergenti

Ho accennato finora a lavori di *équipe*, dedicati in gran parte a naturalisti eclettici, enciclopedici, di un'epoca in cui la professionalizzazione era *in fieri*. Dovrei passare agli studi dedicati a figure più professionali, che – secondo la vulgata – cominciarono a emergere dopo la seconda metà del secolo. C'è da osservare, a proposito delle discipline emergenti, che le distinzioni troppo nette – elettricismo, scienza delle acque, scienze della terra – possono creare distorsioni prospettiche non prive di conseguenze. È il difetto ben noto che consiste nel proiettare all'indietro linguaggi, formule e specializzazioni molto più recenti, e che ha spesso creato e tramandato stereotipi da manuale. Per esempio, il conflitto tra Luigi Galvani e Alessandro Volta sulla natura dell'elettricità animale si è generalmente consolidato in un paradigma del tipo "successo/insuccesso", dal quale Galvani è uscito regolarmente sconfitto, tacciato di errore per aver attribuito un «fluido elettrico» interno alle sue rane scorticate, alle torpedini e a tutti gli animali (un prodotto, come si sa, delle differenze di potenziale tra le membrane cellulari). Volta dimostrò che si trattava di elettricità generata dal contatto tra metalli, e la sua confutazione trionfò anche perché era la premessa sperimentale della sua scoperta epocale, la pila. La polemica tardo settecentesca è apparsa alla generalità degli interpreti una sterile contrapposizione tra due paradigmi inconciliabili, elettricità animale ed elettricità fisica. Le ricerche ben documentate di un elettrofisiologo che si è fatto storico, Marco Piccolino, con la collaborazione di un umanista, Marco Bresadola, vanno in tutt'altra direzione.

Quello che si è tramandato nella letteratura critica – affermano i due studiosi – è un pregiudizio anti Galvani nato nel primo Ottocento da una serie di luoghi comuni legati alla fisica dell'epoca. Per rimuovere lo schema prevalente, legato a una lettura in chiave animista o vitalista del «fluido elettrico» galvanico, il professor Piccolino non ha esitato a demolire non soltanto gli stereotipi correnti in manuali autorevoli di fisica come quello ottocentesco di Adolphe Ganot, ma anche le interpretazioni accreditate di

Giovanni Polvani, Bernard Cohen, Gustavo Barbensi, Mario Gliozzi e Marcello Pera. La dicotomia tra due *Gestalten* opposte e inconciliabili – elettrofisica e elettrofisiologia – sulla quale si fonda lo studio recente di Pera *La rana ambigua*, «appare ingiustificata in quanto è riferita a un periodo storico caratterizzato proprio dalla mancanza di barriere rigide tra i vari settori dell'indagine scientifica» (Piccolino, Bresadola 2003, pp. 32-33). La netta separazione tra le due prospettive non appartiene ai due "filosofi della natura" rivali dell'età dei Lumi, bensì alle prospettive disciplinari degli storici e filosofi della scienza, che riflettono all'indietro propri schemi retorici alla ricerca di test esemplari. L'ampia ricerca di Piccolino e Bresadola documenta, al contrario, l'estrema complessità delle posizioni sia di Galvani che di Volta, e sottolinea l'importanza che lo studio dei «pesci elettrici» ebbe per l'ideatore della pila. La rivalutazione di Galvani si fonda dunque sulla ricerca elettrofisiologica attuale del sistema nervoso come produttore di energia. Così *Rane, torpedini e scintille* (2003) e il parallelo libro inglese, scritto con Stanley Finger, *The shocking history of electric fishes*, non sono solo storie avvincenti, ma esempi – per quanto posso giudicare – di coraggiosa revisione di inveterati pregiudizi pseudostorici.

Sullo stesso piano di revisione e documentazione a tutto tondo riguardo all'opera di Volta si colloca lo studio d'insieme di Giuliano Pancaldi, *Volta, Science and Culture, in the Age of Enlightenment* (2003), che intreccia sapientemente la ricostruzione biografica dell'ex discepolo dei gesuiti con la ricerca d'ambiente, preceduta da un denso spaccato dedicato al nostro tema, la scienza dei Lumi in Italia. Pancaldi ha contribuito in modo decisivo a sostituire all'immagine convenzionale di Volta, per intendersi, come "ingegnere" elettrico, un ritratto assai più ricco e sfumato di colui che definisce un *reluctant theorist,* spiegando le ragioni che lo resero così prudente nello scoprire tutte le sue carte. Le componenti concettuali e i modelli teorici retrostanti l'invenzione, compreso il problema delle correnti generate dai pesci elettrici, emergono in piena luce. Come ha notato efficacemente Lucio Fregonese in un suo più recente ed esauriente profilo di Volta: «Solo in parte comprese dai contemporanei (e poco anche dagli storici), le componenti concettuali dell'elettricità voltiana sono passate in secondo piano, favorendo così l'immagine di un ricercatore dotato soprattutto di abilità sperimentale e manipolativa. Un giudizio limitativo, che va corretto considerando anche le sue concezioni teoriche sull'elettricità e il loro ruolo nell'invenzione degli strumenti» (Fregonese 2013, p. 410).

Un altro settore disciplinare completamente rinnovato negli studi recenti è l'antica "scienza delle acque", che fu oggetto nel Settecento di una gran quantità di ricerche pratiche e teoriche più volte ristampate nella *Raccolta d'autori italiani che trattano del moto dell'acque* (1723). Per quanto riguarda il Settecento, le nuove ricerche si sono concentrate soprattutto su Domenico Guglielmini, Jacopo Riccati e Giovanni Poleni. Su questi cultori dell'idraulica fluviale non mancavano celebrazioni, regesti di manoscritti, studi su aspetti circoscritti. Il merito di una ricerca sistematica è di Cesare Maffioli, che con il suo *Out of Galileo* (1994) ha colmato una grave lacuna delle nostre conoscenze riguardanti l'intera scienza idrodinamica post-galileiana, come osserva Richard Westfall nella premessa, e cioè una storia delle ricerche teorico-pratiche svoltesi nella penisola a partire dal fondatore, Benedetto Castelli: «La cosa che più mi ha colpito – ha

notato il biografo di Newton – è l'evidente tradizione di continuità e vitalità della scienza italiana nella seconda metà del Seicento, che contraddice la tesi dominante che fosse morta con i discepoli di Galileo» (Maffioli 1994, p. VIII).

Maffioli ha discusso tutti gli aspetti dell'idrometria poleniana: gli esperimenti mentali, le tecniche matematiche, la modellizzazione di "acque semplici" e di "acque miste", la ricerca teorico pratica sulle correnti della laguna di Venezia. In un libro parallelo più recente, *La via delle acque* (2010), Maffioli ha completato *ex novo* la prospettiva, documentando minutamente il lavoro finora oscuro degli ingegneri, dei pratici, dei periti e architetti addetti alla regolamentazione delle acque, alle piene del Reno e del Po, alla laguna veneziana e il suo vario intreccio con gli sviluppi della dinamica dei fluidi da Leonardo e Cardano fino a Poleni e Michelotti. Anche agli occhi di un lettore non professionale è evidente che i due libri si collocano tra gli esempi più maturi della storiografia delle idee scientifiche in Italia, intrecciata con la storia della tecnica e della società.

Infine solo qualche accenno alle scienze della Terra. È noto che Charles Lyell – l'amico di Darwin generalmente considerato uno dei fondatori della geologia – nei suoi viaggi in Italia visitò i musei di reperti fossili, studiò i fenomeni del bradisismo, le stratificazioni delle Alpi e degli Appennini, l'Etna e il Vesuvio. I suoi *Principles of geology* (1830) si aprivano con un'incisione del tempio di Serapide a Pozzuoli, che aveva fornito un test fondamentale del suo metodo d'indagine, l'uniformismo geologico. Lyell si era nutrito degli scritti e delle congetture dei suoi predecessori, protagonisti delle discussioni settecentesche sui fossili, la stratigrafia, le conchiglie, il nettunismo e plutonismo. Egli discute ampiamente metodi e ipotesi di Marsili, Vallisneri, Anton Lazzaro Moro, Cirillo Generelli, Agostino Scilla, Spallanzani, Targioni Tozzetti, Arduino, Fortis. Oggi queste figure di pionieri della geologia sono state resuscitate – si può dire – grazie a una serie di ricerche: basti citare gli studi di Nicoletta Morello, l'attenzione che Paolo Rossi ha dedicato a Moro in *Segni del tempo,* un convegno del 1988 sulla sua figura e la voce *Moro* di Calogero Farinella in DBI. Ancora, Luca Ciancio ha dedicato numerosi studi e una monografia ad Alberto Fortis, e un eccellente volume al tempio di Serapide di Pozzuoli, luogo simbolico dell'unitarismo di Lyell. Quanto a Ezio Vaccari, cui si deve una monografia esaustiva su Giovanni Arduino, è un'autorità internazionale sulle controversie geologiche in area veneta e in Italia, sui viaggi geologici di Vallisneri, Spallanzani e altri naturalisti settecenteschi.[6]

Sono consapevole di aver peccato per innumerevoli omissioni. Debbo invocare, come scusa parziale, che sarebbe un'imperdonabile presunzione tracciare un'immagine a 360° di un cantiere aperto. Posso soltanto concludere che le biografie di singoli scienziati, i repertori, le mappe o sintesi provvisorie tanto utili per il *general reader* – ma come definire in italiano una specie così rara della nostra fauna peninsulare? – sono soprattutto indispensabili per stimolare il lavoro dei ricercatori specializzati in altri campi e per colmare, almeno in via provvisoria, le profonde lacune della letteratura internazionale cui ho accennato all'inizio.

[6] Dati bibliografici disponibili nella home page di Ezio Vaccari, all'indirizzo URL: <http://www.uninsubria.eu/> [data di accesso: 15/10/2016].

Bibliografia

(si segue per temi l'ordine della relazione)

Opere d'insieme

Storia della scienza (2001-2004). Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana. voll. I-X. [online] URL: <http://www.treccani.it/> [data di accesso: 15/10/2016].

Casini P. (2011). *Philosophie und Naturwissenschaften*, in Rohbeck J., Rother W. (eds.), *Grundriss der Geschichte der Philosophie. Die Philosophie des 18. Jahrhunderts, 3, Italien*. Basel: Schwabe, pp. 131-202.

Cremante R., Tega W. (a cura di) (1984). *Scienza e letteratura nella cultura italiana del Settecento*. Bologna: Il Mulino.

Gillispie C.C. (1981). *Il criterio dell'oggettività*. Bologna: Il Mulino.

Hankins T. (1985, 1989²). *Science and Enlightenment*. Cambridge-New York: Cambridge University Press.

Heilbron J. (1999). *The Sun in the Church. Cathedrals as Solar Observatories*. Cambridge Mass: Harvard University Press; trad. it. di Bancheri G., Ranfagni P., 2005, *Il sole nella Chiesa. Le grandi chiese come osservatori astronomici*. Bologna: Compositori.

Keller A.G. (1975). *Mathematicians, mechanics and experimental machines in Northern Italy in the sixteenth century*, in Crosland M. (ed.), *The emergence of science in Western Europe*. London: Macmillan, pp. 15-34.

Tra Seicento e Settecento

Altieri Biagi M.L., Basile B. (a cura di) (1980). *Scienziati del Seicento*. Milano-Napoli: Ricciardi.

Altieri Biagi M.L., Basile B. (a cura di) (1983). *Scienziati del Settecento*. Milano-Napoli: Ricciardi.

Boas Hall M. (2002). *Henry Oldenburg. Shaping the Royal Society*. Oxford: Oxford University Press.

Cavazza M. (1990). *Settecento inquieto. Alle origini dell'Istituto delle Scienze di Bologna*. Bologna: Il Mulino.

Crosland M. (ed.) (1975). *The emergence of science in Western Europe*. London: Macmillan [in particolare A.G. Keller, "Mathematicians, mechanics and experimental machines in northern Italy in the sixteenth century", pp. 15-34].

Maffioli C.S., Palm L.C. (eds.) (1989). *Italian scientists in the Low Countries in the 17th and 18th Centuries*. Amsterdam-Atlanta, GA: Rodopi.

Mazzone S., Roero C.S. (1997). *Jacob Hermann and the diffusion of the Leibnizian calculus in Italy*. Firenze: Olschki.

L'ottica di Newton

Casini P. (1997). *The reception of Newton's Opticks in Italy*, in Field J.V., Frank A.J.L. (eds.) *Renaissance and Revolution: Humanists, Scholars, Craftsmen and Natural Philosophers in Early Modern Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.

215-227 [rist. in Casini P. (2006). *Hypotheses non fingo. Tra Newton e Kant*. Roma: Edizioni di storia e letteratura].

Desaguliers J.T. (1727-1728). "Optical experiments made in the beginning of August 1728 […] upon occasion of Signor Rizzetti Opticks, with an account of the said book". *Philosophical Transactions*, 35, London: The Royal Society, pp. 596-629.

Hall A.R. (1993). *All was light. An introduction to Newton's Opticks*. Oxford: Clarendon Press.

Feingold M. (2004). *The Newtonian moment. Isaac Newton and the Making of Modern Culture*. New York: New York Public Library; Oxford: Oxford University Press.

Giudice F. (2009). *Lo spettro di Newton. La rivelazione della luce e dei colori*. Roma: Donzelli.

Rizzetti G. (1728). *De luminis affectionibus specimen physico-mathematicum*. Bergamo, Treviso [rist. anast. 2013, s.l., Kissinger Memorial Reprints], [online] URL: <www.e-rara.ch/zut/content/titleinfo/5807322> [data di accesso: 15/10/2016].

Laura Bassi

Cifarelli L., Simili R. (a cura di) (2012). *Laura Bassi. Emblema e primato nella scienza del Settecento / Emblem and primacy in Settecento science*. Bologna: Società Italiana di Fisica, Editrice Compositori [Saggi di W. Tega, N. Guicciardini, S. Talas, P. Findlen, M. Focaccia, M. Cavazza].

Francesco Bianchini

Bianchini F. (1728). *Hesperi et Phosphori Nova Phenomena, sive observationes circa planetam Veneris*. Roma: J.M. Salvoni.

Ciancio L., Romagnani G.P. (a cura di) (2010). *Unità del sapere, molteplicità dei saperi. Francesco Bianchini (1662-1729) tra natura, storia e religione*. Verona: QuiEdit [Saggi di P. Casini, J.L. Heilbron, U. Baldini, M. Cavazza, C. Viola, D. Arecco, N. Morello, I. Dal Prete, C.R. Chiarlo, G. Pucci, F. de Polignac, P. Basso-A. Buonopane, B. Sölch, G. Finocchiaro].

Kockel V., Sölch B. (eds.) (2005). *Francesco Bianchini (1662-1729) und die europäische gelehrte Welt um 1700*. Berlin: Akademie Verlag [Saggi di S.M. Dixon, M. von Engelberger, I. Favaretto, J.L. Heilbron, C.M.S. Johns, V. Kockel, P. Liverani, F. de Polignac, B. Sölch, P. Thomas].

Rotta S. (1966). sub voce *Francesco Bianchini in Inghilterra*. Brescia: Paideia.

Rotta S. (1968). *Francesco Bianchini*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*. Roma: Istituto dell'Enciclopedia Italiana, vol. X, pp. 187-194.

Ruggero Boscovich

Boscovich R. (2010-). *Edizione Nazionale delle opere e della corrispondenza*. Ed. digitale a cura di aa.vv., Nova Milanese: Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. [Sono apparsi finora 13 CD-Rom, 10 dei quali contengono riproduzioni di opere a stampa del sec. XVIII, 3 sono dedicati alla corrispondenza]. Si veda anche online URL: <http://www.edizionenazionaleboscovich.it> [data di accesso: 15/10/2016].

Bossi M., Tucci P. (eds.) (1988). *Bicentennial commemoration of R.G. Boscovich*, Milano, September 15-18. *Proceedings*. Abbiategrasso: Unicopli.

Bursill-Hall P. (ed.) (1993). *R.J. Boscovich, vita e attività scientifica / His life and scientific work*. Atti del convegno, Roma, 23-27 Maggio 1988, Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.

Buzzi F. (2013). "Debates and diatribes in Milanese religious orders at the time of Boscovich". *Memorie della Società Astronomica Italiana*, Suppl. vol. 22, pp. 6-15, [online] URL: <http://sait.oat.ts.astro.it/MSAIS/23/PDF/6.pdf> [data di accesso: 15/10/2016]

Proverbio E., Buffoni L. (a cura di) (2004). *Nuovo catalogo della corrispondenza di R.G. Boscovich*. Roma: Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL.

Proverbio E. (a cura di) (2007). *Catalogo delle opere a stampa di G.R. Boscovich (1711-1787)*. Roma: Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL.

Paolo Frisi

Barbarisi G. (a cura di) (1987). *Ideologia e scienza nell'opera di Paolo Frisi (1728-1784)*, in *Atti del convegno internazionale di studi* (Politecnico di Milano, 3-4 giugno 1985), vol. I-II, Milano: F. Angeli [Contributi di P. Casini, S. Di Sieno-M. Galuzzi, A. Brigaglia, P. Nastasi, G. Tagliaferri-P. Tucci, F. Abbri, E. Benvenuto-M. Corradi, D. Citrini, G. Consoli, M. Torrini., V. Ferrone, A. Gabba, E. Brambilla, A. Cova, A. Gentili, F. Brunetti, C. Capra, A. Scotti, A. Tarchetti, J. Pappas, G. Gaspari, D. Magnino, G. Rutto, S. Morgana, M.G. Sandri, G.L. Cannès, G. Barbarisi; Appendici a cura di R. Candiani].

Frisi P. (1970). *Scritti di idraulica fluviale e di canalizzazione*, a cura di C. Fischer. Firenze: Giunti.

Frisi P. (1985). *Elogi: Galileo, Newton, D'Alembert*, introd. a cura di P. Casini. Roma: Theoria.

Geologia

Ciancio L. (1995). *Autopsie della Terra. Illuminismo e geologia in Alberto Fortis*. Firenze: Olschki.

Vaccari E. [vari titoli, desumibili dai dati bibliografici disponibili nella home page di Ezio Vaccari], URL: <http://www.uninsubria.eu/> [data di accesso: 15/10/2016].

Antonio Vallisneri e Lazzaro Spallanzani

Bernardi W. (1986). *Le metafisiche dell'embrione. Scienza e filosofia da Malpighi a Spallanzani (1672-1739)*. Firenze: Olschki.

Bernardi W., Stefani M. (a cura di) (2000). *La sfida della modernità. Atti del convegno internazionale di studi nel bicentenario della morte di Lazzaro Spallanzani*. Firenze: Olschki. [Contributi di D. von Engelhardt, D. Generali, W. Bernardi, M. Spallanzani, M. Cavazza, A. Ferraresi, M. Stefani, G. Barsanti, A. Dini, M. T. Monti, M. Ciardi, F. Abbri, M. Beretta, E. Vaccari, C. Principe, G. Anceschi, M.J. Ratcliff, R. Gandini, J.L. Fischer].

Di Porcia G.A. (1986). *Notizie della vita e degli studi del Kavalier Antonio Vallisneri*, rist. anast. (a cura di D. Generali). Bologna: Patron.

Monti M.T. (2005). *Spallanzani e le rigenerazioni animali. L'inchiesta, la comunicazione, la rete*. Firenze: Olschki.

Mazzolini R.G., Roe S.A. (eds.) (1986). *Science against the unbelievers. The correspondence of Bonnet and Needham, 1760-1780*, vol. I-II. Oxford: The Voltaire Foundation.

La scienza delle acque

Maffioli C.S. (1994). *Out of Galileo. The science of waters, 1628-1718*. Rotterdam: Erasmus.

Maffioli C.S. (2010). *La via delle acque. Appropriazione delle arti e trasformazione delle matematiche*. Firenze: Olschki.

Alessandro Volta e Luigi Galvani

Bevilacqua F., Fregonese L. (a cura di) (2000-2003). *Nuova voltiana. Studies on Volta and his times*, volumi I-V. Pavia: Università degli Studi; Milano: Hoepli.

Fregonese L. (1999). *Volta. Teorie ed esperimenti di un filosofo naturale*, *I grandi della scienza*, n. monografico. Milano: Le Scienze.

Fregonese L. (2002). *Le invenzioni di Volta tra teorie ed esperimenti*, in Bellodi G., Bonera G., Bevilacqua F., Falomo L. (a cura di). *Gli strumenti di Alessandro Volta. Il Gabinetto di fisica dell'Università di Pavia*. Pavia: Università degli Studi; Milano: Hoepli, pp. 39-132.

Fregonese L. (2013). *Alessandro Volta*, in *Il contributo italiano alla storia del pensiero. Scienze*. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana fondata da Giovanni Treccani, pp. 409-413.

Pancaldi G. (2003). *Volta. Science and Culture in the Age of Enlightenment*. Princeton: Princeton University Press.

Piccolino M., Bresadola M. (2003). *Rane, torpedini e scintille. Galvani, Volta e l'elettricità animale*. Torino: Bollati Boringhieri.

Piccolino M., Finger S. (2005). *The shocking history of Electric Fishes*. Oxford: Oxford University Press.

Istituzioni

Barsanti G., Becagli V., Pasta R. (a cura di) (1996). *La politica della scienza. Toscana e Stati italiani nel tardo Settecento*. Firenze: Olschki.

Cavazza M. (2002). "The Institute of Science of Bologna and the Royal Society in the Eighteenth Century". *Notes and Records of the Royal Society*, 56, 1, pp. 3-25.

Farinella C. (1993). *L'accademia repubblicana. La Società dei XL e Anton Mario Lorgna*. Milano: F. Angeli.

Ferrone V. (1988). *La Nuova Atlantide e i Lumi. Scienza e politica nel Piemonte di Vittorio Amedeo III*. Torino: Meynier.

Galuzzi M., Micheli G., Monti M.T. (a cura di) (1998) *Le forme della comunicazione scientifica*. Milano: F. Angeli.

Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere (1999). *La pila di Volta. Una scintilla lunga due secoli. Mostra di cimeli per il bicentenario dell'invenzione*. Milano: Skira.

Piva F. (1992). *Anton Maria Lorgna e l'Europa*. Verona: Accademia di Agricoltura, Scienze e Lettere.

History of Physics and Astronomy, Scientific Collections and Museums in Sicily

«Lampi in una notte buia»
Le vicende dell'astronomia in Sicilia

Ileana Chinnici - INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo -
chinnici@astropa.inaf.it

Abstract: The history of astronomy in Sicily has been so much marked by a lack of continuity that it is more appropriate to talk of a sequence of isolated personalities and events rather than of a history in the real sense of the word. This sequence of "flashes in a dark night", as it has been metaphorically defined by G. Foderà, is shortly resumed and commented here.

Keywords: Astronomy, History, Sicily.

1. Premessa

Nel ripercorrere la storia dell'astronomia in Sicilia, appare evidente l'assenza di una vera e propria tradizione. Anche dopo l'istituzione dell'*Osservatorio Astronomico di Palermo*, avvenuta nel 1790, passerà quasi un secolo prima che venga istituito quello di Catania, a conferma di quanto tale scienza fosse poco radicata e coltivata nell'Isola. Eppure, paradossalmente, la Sicilia è stata (ed è tuttora) l'unica regione italiana ad avere due Osservatori Astronomici istituzionali, quasi a sottolineare che, invece, essa ha una "vocazione" all'astronomia, dovuta a condizioni geofisiche particolarmente favorevoli.

Lo stesso fondatore dell'Osservatorio di Palermo, Giuseppe Piazzi (1746-1826), nel discorso introduttivo all'opera *Della Specola Astronomica de' Regj Studj* del 1792, tentando di ricostruire la storia dell'astronomia in Sicilia, si rendeva conto che non si può parlare di una vera e propria storia, ma solo di "vicende", come indicherà nel titolo del suo discorso (Piazzi, 1792), ripreso anche nel titolo del presente lavoro.

Come vedremo, infatti, prima del 1790 non vi fu continuità nell'esercizio di questo genere di studi; è mancata, diremmo oggi, una "scuola" dove tali studi avrebbero potuto essere sviluppati e incentivati. Penalizzata nell'insegnamento gesuitico per ragioni ideologiche più che scientifiche, divisa in visioni contrapposte tra teoria e pratica, priva di strumenti adeguati, considerata scienza d'*élite* per certi versi, l'astronomia non poteva facilmente trovare terreno fertile in una «periferia scientifica» come la Sicilia (Foderà Serio 1990, p. 13), che aveva ben altre priorità di tipo sociale e culturale.

Appare quindi appropriata l'espressione usata da Giorgia Foderà Serio, che parla di «lampi in una notte buia» (Foderà Serio 1990, p. 16) per definire i pochi studiosi di astronomia in Sicilia che precedettero il fondatore dell'Osservatorio, Piazzi.

L'istituzione dell'Osservatorio di Palermo costituì certamente una sorta di spartiacque tra una "preistoria", fatta di poche e isolate personalità, e una "storia" che

continua tutt'oggi e che, tra alti e bassi, ha valicato le mura dell'Osservatorio, mescolandosi nel XIX secolo con la politica, la (alta) società e l'istruzione pubblica, per poi tornare, nel XX secolo, nel silenzio della sua torre d'avorio, perdendo ogni contatto con il territorio (è significativo che molti palermitani, fino a pochi anni fa, non sapevano neppure che esistesse un Osservatorio Astronomico a Palermo!).

Ecco perché appare appropriato mantenere il termine di "vicende" anche per la storia più recente, a sottolineare la discontinuità della ricerca astronomica in Sicilia anche dopo la fondazione dell'Osservatorio di Palermo e, più tardi, di Catania, e il fatto che questa storia è stata un susseguirsi di luci e ombre, ancora una volta, di lampi e di buio, fino alla storia recente, cui per brevità farò un rapido accenno in chiusura, e che sarà materia di studio per i posteri.

2. L'astronomia in Sicilia prima del 1790

È quanto mai opportuno farsi guidare da Piazzi nell'individuare le personalità più significative che si siano occupate di astronomia in Sicilia; non sono veri e propri astronomi, ma piuttosto cultori di astronomia, ovvero scienziati, matematici e uomini colti, che scrissero anche di astronomia o se ne dilettarono. Attingendo da fonti quali la *Bibliotheca Sicula* di Antonino Mongitore (1663-1743) e la *Storia generale di Sicilia* di Jean Lévesque de Burigny (1692-1785), Piazzi compila un elenco di 26 personalità siciliane che a vario titolo si occuparono di astronomia (Foderà Serio 1990, pp. 75-81). A partire da questo elenco, si è provato qui a disegnare una "geografia" degli "astronomi" (veri o presunti) in Sicilia, prima di Piazzi, attingendo anche da altre fonti che in realtà poco aggiungono, se non un'altra mezza dozzina di nomi; l'elenco così integrato è riportato in Appendice.

Va notato che è difficile attribuire il titolo di "astronomi" a questa galassia di personaggi, per la maggior parte figure minori o addirittura irrilevanti dal punto di vista dello sviluppo della scienza nell'Isola. Come già detto, si tratta per lo più di astrologi o di matematici con qualche interesse astronomico, autori di opere minori; fanno eccezione gli gnomonisti, per i quali si rimanda ai lavori di M.L. Tuscano, e le due figure più rilevanti, ovvero Francesco Maurolico (1494-1575) e Giovan Battista Hodierna (1597-1660), non a caso gli unici due "precursori" di Piazzi segnalati dallo storico e scienziato Domenico Scinà (1765-1837). Va certamente ricordato anche Leonardo Ximenes (1716-1786), ma la Sicilia non beneficiò delle ricerche dello scienziato trapanese, il quale svolse la sua attività per lo più a Firenze. Piazzi invece omette di menzionare, forse perché non siciliani, Michele Scoto (ca. 1175-ca. 1736), astrologo di corte di Federico II a Palermo, e il certamente più noto Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679), matematico a Messina, autore di importanti opere di astronomia copernicana e kepleriana. È opportuno, a questo punto, tralasciare Maurolico e Hodierna, per i quali si rinvia rispettivamente ai lavori di R. Moscheo e M. Pavone, e passare a trattare direttamente l'evento cruciale della storia dell'astronomia in Sicilia, ovvero la fondazione dell'Osservatorio di Palermo.

3. La fondazione dell'Osservatorio di Palermo: una scommessa "riformista"

Istituire un Osservatorio Astronomico in quella periferia scientifica che era la Sicilia borbonica, appare oggi una vera e propria, ambiziosa, scommessa – rivelatasi vincente solo grazie alla determinazione e alla tenacia di coloro che vollero realizzarla.

Per rimediare all'inevitabile collasso dell'istruzione superiore provocato dall'espulsione dei gesuiti dal Regno delle Due Sicilie nel 1767, venne appositamente istituita una *Deputazione de' Regj Studj*, composta da personaggi di spicco della politica e della massoneria siciliane. Questo manipolo di riformisti, ispirati dai principi dell'Illuminismo francese, si posero come obiettivo quello di rilanciare l'istruzione superiore a Palermo mediante la creazione di un'Accademia de' Regj Studj (che poi diventerà Università di Palermo) nel 1776. Membri della *Deputazione* furono Gabriele Lancillotto Castelli (1727-1794), Principe di Torremuzza, monsignor Alfonso Airoldi (1729-1817), segretario dell'Inquisizione, monsignor Salvatore Ventimiglia (1721-1797), Principe di Belmonte e già Arcivescovo di Catania, Giuseppe Lanza (1719-1783), Principe di Trabia ed Emanuele Bonanno (1734-1800), Duca di Misilmeri. La *Deputazione* riuscì a istituire venti cattedre, di cui tredici scientifiche, incluse Matematica e Fisica sperimentale.

Nell'attuare il suo programma di riforma, la *Deputazione* fu fortemente sostenuta da due personalità dall'impronta fortemente riformista, quali il marchese Domenico Caracciolo (1715-1789), proveniente dai circoli illuministici parigini, che fu Viceré di Sicilia dal 1781 al 1786, e il suo successore Francesco D'Aquino, Principe di Caramanico (1738-1795) (Fig.1), esponente di spicco della massoneria, al quale si deve la spinta decisiva per la creazione dell'Osservatorio di Palermo.

Fig. 1. Ritratto del Principe di Caramanico, Viceré di Sicilia
(Museo della Specola, INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo)

Il progetto della *Deputazione*, che dedicava particolare attenzione alle materie scientifiche, era certamente ambizioso, ma scarso di mezzi e di prospettive. I tentativi di portare a Palermo personalità scientifiche di alto profilo quali Joseph-Louis Lagrange (1736-1813) o Lazzaro Spallanzani (1729-1799) fallirono miseramente, come era da aspettarsi; la città siciliana non offriva certo un ambiente stimolante e ricco di scambi culturali, tanto che il celebre matematico Jean-Baptiste D'Alembert (1717-1783) scriveva al collega Paolo Frisi (1728-1784) in quegli anni:

> Je doute que le marquis de Caraccioli [sic] trouve à Palerme de quoi composer une Académie. S'il y appelloit Mr. De la Grange, ce seroit un Président sans conseillers (Foderà Serio 1990, p. 13).

Nel 1786 fu istituita la cattedra di Astronomia (peraltro mal retribuita, dato che con i fondi per due cattedre ne vennero realizzate tre) e, molto realisticamente, il matematico Gregorio Fontana (1735-1803) metteva in guardia l'astronomo Barnaba Oriani (1752-1832), che era stato invitato ad accettarla:

> […] io stenterei a consigliare un Amico di accettare un tal partito 1° pel clima; 2° per gli abitanti; 3° per lo stato delle Scienze colà (Foderà Serio 1990, p. 14).

Infatti, declinato l'invito anche da parte del maltese Giuseppe Zahra (1730-1821), nel 1786 divenuto titolare della cattedra di Matematica sublime all'Università di Catania, e rifiutata l'offerta del barnabita bolognese Marcantonio Vogli (1736-1821), già titolare della cattedra di Etica (Cancila 2006, pp. 86, 91), *faute de mieux*, la cattedra venne assegnata al teatino valtellinese Giuseppe Piazzi (Fig. 2).

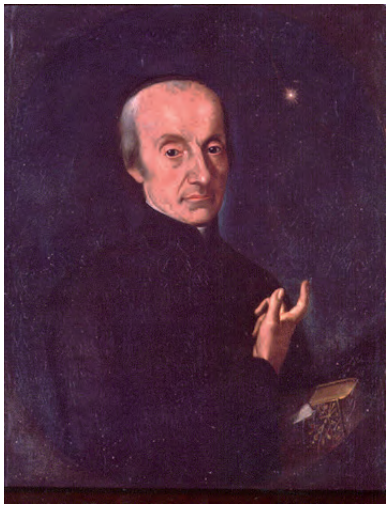


Fig. 2.Giuseppe Piazzi che indica Cerere
(Museo della Specola, INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo)

Lettore di matematica a Palermo fin dal 1780 – la sua nomina fu suggerita da Roma da Fabio Albertini, Principe di Cimitile (1755-1848) – Piazzi era in realtà un modesto ed oscuro matematico. Il suo insegnamento universitario era sì basato sulle lezioni di matematica dell'*Abbé* Joseph-François Marie, che era uno dei testi migliori dell'epoca, ma si fermava all'introduzione al calcolo differenziale, tanto che più tardi, nel 1784, l'Accademia riterrà necessario istituire anche la cattedra di Matematica sublime. A quarant'anni suonati Piazzi si inventa pertanto una carriera da astronomo, riuscendovi brillantemente, non solo per i suoi meriti, ma anche per l'appoggio determinante della massoneria (cui apparteneva, come la maggior parte degli uomini di cultura del suo tempo), in particolare nella persona dell'astronomo francese Jerôme de Lalande (1732-1807), Gran Maestro della Loggia delle Nove Sorelle, che fu suo abilissimo maestro e consigliere (Chinnici *et al.* 2001, p. 4).

Piazzi cominciò pertanto col chiedere e ottenere il permesso di recarsi all'estero per esercitarsi in astronomia pratica presso gli Osservatori più importanti del tempo; tra il 1787 ed il 1789 seguì i corsi di astronomia tenuti da Lalande al Collège de France a Parigi e, su suggerimento di questi e di altri rinomati astronomi francesi, si recò a Londra dove acquistò strumenti di prim'ordine per il nuovo Osservatorio presso l'officina del rinomato costruttore Jesse Ramsden (1735-1800), tra cui il celebre Cerchio, strumento dal design innovativo dal quale ci si attendeva misure astrometriche assai precise.

Nel 1790 si apriva finalmente a Palermo il primo corso universitario di astronomia, con un osservatorio (Fig. 3) superbamente dotato, costruito da Piazzi in tutta velocità sulla torre pisana del Palazzo Reale, uno degli edifici più alti della città e con maggiori garanzie di stabilità. Va tuttavia detto che Piazzi, benché titolare della cattedra, avrà sì un certo numero di allievi, ma non riuscirà mai a formare una scuola: nel pensiero di Piazzi, infatti, era la ricerca – e non la didattica – l'attività primaria dell'Osservatorio. Così appariva la situazione a Ignazio Migliaccio Moncada (1757-1836), Principe di Malvagna, Presidente della Commissione di Pubblica Istruzione nel 1823:

> […] più non si parlò di lezioni, né mai da quel tempo in poi dal padre Piazzi date furono lezioni nell'Università […] per l'istruzione della gioventù era bastevole quella parte della Fisica matematica che dà l'applicazione delle leggi del moto ai fenomeni celesti, oltre alle lezioni di astronomia pratica nell'Osservatorio che egli "liberamente" teneva il mercoledì e il sabato (Cancila 2006, p. 92).

In questo aspetto, si nota una profonda diversità di vedute con il fisico Scinà, che portò a un duro scontro tra i due scienziati nelle vicende universitarie palermitane (Cancila 2006, pp. 317-318, 326, 364).

È interessante notare che, pochi anni dopo (Chinnici, Blanco in questo volume), la *Deputazione* si muoverà per realizzare un osservatorio astronomico anche a Catania – sia pure con esito diverso – a riprova del fatto che la "scommessa" di questi riformatori era in origine ben più audace di quanto non dica il risultato finale.

Fig. 3. L'Osservatorio di Palermo nel 1801
(Archivio INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo)

4. I successi scientifici di Piazzi: un periodo luminoso per l'astronomia siciliana

Il programma scientifico di Piazzi era molto chiaro e definito: egli si pose subito in linea con il principale filone di ricerca della sua epoca, ovvero l'astrometria. Tutto il Settecento aveva visto un'importante produzione di cataloghi stellari che avevano indirettamente portato alla scoperta di fenomeni quali l'aberrazione della luce e la nutazione dell'asse terrestre. L'Osservatorio di Palermo, il più a sud in Europa, si trovava in una posizione favorevole per osservare una fascia di cielo meno esplorata: l'obiettivo di Piazzi era pertanto quello di realizzare un catalogo stellare, di cui pubblicherà una prima edizione nel 1803 (contenente più di 6000 stelle) (Fig. 4) e una seconda edizione, ampliata e riveduta (contenente oltre 7000 stelle), nel 1814.

PRÆCIPUARUM
STELLARUM INERRANTIUM
POSITIONES MEDIÆ
INEUNTE SECULO XIX
IN SPECULA PANORMITANA
PANORMI MDCCCIII

Fig. 4. Frontespizio del catalogo stellare di Piazzi del 1803
(Biblioteca INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo)

Ciò che Piazzi non poteva immaginare era di cogliere inaspettatamente un risultato scientifico largamente atteso dalla comunità scientifica d'Oltralpe, specialmente da quella germanica, ovvero la scoperta di un nuovo oggetto del sistema solare, situato tra Marte e Giove: il primo asteroide, da Piazzi denominato Cerere Ferdinandea, da lui osservato per la prima volta il 1 gennaio 1801 (Foderà Serio, Chinnici 2001).

Questi importanti risultati scientifici conseguiti nei primi 25 anni di attività dell'Osservatorio di Palermo evidenziano un periodo luminoso per l'astronomia siciliana, ma non privo di difficoltà, legate soprattutto alla temperie politica di quegli anni, segnata dalle vicende napoleoniche, che influirono sul Regno delle Due Sicilie come su tutto il resto d'Europa. L'Osservatorio riuscì comunque sempre a godere della speciale protezione del sovrano (Ferdinando continuò a regnare in Sicilia, avendo perduto solo il Regno di Napoli), e Piazzi poté lavorare con profitto, acquistare nuovi libri per la sua biblioteca, migliorare i suoi strumenti.

Con la Restaurazione ed il ritorno dei Borboni a Napoli, Piazzi fu chiamato dal Re a completare la costruzione dell'Osservatorio di Capodimonte e dovette a malincuore lasciare Palermo, forse presagendo di non lasciare un erede scientifico all'altezza della situazione. La direzione venne infatti provvisoriamente assegnata ad un suo allievo, Niccolò Cacciatore (1770-1841), da lui stesso designato, rimanendo Piazzi Direttore generale di entrambi gli Osservatori del Regno.

5. Ombre sull'Osservatorio: l'inevitabile declino

Di Niccolò Cacciatore si ricordano pochissimi lavori astronomici, per lo più secondari: il suo principale merito fu piuttosto quello di riordinare la serie dei dati meteorologici a partire dalla fondazione dell'Osservatorio, serie che oggi costituisce un archivio importante per gli studi climatologici relativi al bacino del Mediterraneo, trattandosi di una delle raccolte più antiche e complete.

Più che per i meriti scientifici, Niccolò Cacciatore viene ricordato per gli aspri contrasti avuti con Domenico Scinà, che nella *Topografia di Palermo* (1818) contestava il risultato della misura dell'altezza dell'Osservatorio sul livello del mare, eseguita da Piazzi, e la scelta degli orari di rilevamento delle temperature giornaliere, effettuate da Cacciatore (Cancila 2006, pp. 320-325). Tali contrasti, che si protrassero anche oltre la morte di Piazzi, derivano in realtà anche da una diversità di fondo nella visione della scienza, che Piazzi e Cacciatore considerano una realtà elitaria, di casta, riservata ad un ristretto numero di adepti; al contrario, per Scinà, la scienza è alla portata di tutti, è "democratica" e chi la pratica non deve godere di privilegi particolari.

Dopo la morte di Piazzi, Cacciatore è il "delfino" destinato a succedergli: a questo punto, privo del controllo, sia pure benevolo e tollerante, da parte del Direttore Generale Piazzi, egli poteva dare liberamente attuazione ai suoi piani. Niccolò Cacciatore viene infatti ricordato anche per avere introdotto all'Osservatorio la pratica del nepotismo, avendo fatto in modo che i suoi congiunti (i figli Innocenzo, Gaetano e Giuseppe, il fratello Onofrio e il cognato Luigi Martina) ricoprissero i vari posti di Assistente presso l'Osservatorio, tanto da essere beffardamente definiti da Scinà nel

1835 come «la novella famiglia dei Cassini», ad evidenziare – per contrasto – la scarsa e insignificante produzione scientifica dell'intero complesso familiare.

Non c'è pertanto da meravigliarsi se, già nel 1824, presagendo le sorti immediate dell'astronomia siciliana, il barone Franz Xaver von Zach (1754-1832) scriveva a Piazzi:

> Avec vous, mon très révérend et mon très vénérable Père ont disparues la gloire, l'éclat, la splendeur d'Urania Ferdinandea! N'avez-vous donc pas pu léguer la cent-millionième partie de votre ardeur, de votre zèle, de votre persévérance, de votre talent, de votre esprit, à vos élèves, à vos disciples, à vos successeurs? Il parait que non (Foderà Serio 1990, p. 22).

6. Sprazzi nel tramonto dell'età borbonica

Com'era da attendersi, alla morte di Niccolò Cacciatore, il titolo di Direttore venne "ereditato" dal figlio Gaetano (1814-1889), che poco si occupò di scienza e molto di politica e, in particolare, di politica antiborbonica. Appare strano che una "dinastia" che aveva beneficiato della protezione borbonica, come i Cacciatore, possa avere coltivato al suo interno una "pecora nera" antiborbonica. Non sappiamo se le sue simpatie rivoluzionarie furono frutto di una consapevolezza che i tempi erano cambiati – in verità, una tale lungimiranza mal si addice al personaggio di Gaetano Cacciatore – o più probabilmente il risultato di un giro di amicizie da lui coltivate in ambiente universitario, ovvero un mezzo per accattivarsi la simpatia degli studenti, tra i quali era molto popolare. Ancora più strano, e persino incomprensibile, appare nel 1845 l'arrivo in Osservatorio del nipote di Scinà, Domenico Ragona (1820-1892) (Romano 2006, p. 85), col titolo di secondo assistente: si può supporre che sia stata una condizione imposta dalla Commissione di Pubblica Istruzione nella trattativa per la successione alla direzione dell'Osservatorio assegnata a Gaetano, ma non ci sono al momento evidenze documentarie.

L'indolenza scientifica di Gaetano Cacciatore non poteva che rafforzare il declino dell'Osservatorio, che tuttavia ebbe un'improvvisa inversione di tendenza nel 1849. A seguito del fallimento dei moti rivoluzionari dell'anno precedente, in cui era rimasto coinvolto, Gaetano Cacciatore venne destituito dalla carica di Direttore e, poiché anche il primo assistente Giovanni Battista Castiglia era stato allontanato per identici motivi (Cancila 2006, p. 573), la direzione fu provvisoriamente affidata (e confermata l'anno successivo) al secondo assistente Domenico Ragona (Cancila 2006, p. 589).

Sulla falsariga di Piazzi, Ragona ebbe il merito di chiedere e ottenere dal reinstaurato governo borbonico i fondi per uno stage all'estero, allo scopo di esercitarsi nella pratica dell'astronomia e di procurare nuova strumentazione per l'Osservatorio, rinnovando quella ormai obsoleta risalente a Piazzi.

Durante un soggiorno di due anni a Berlino, dove fu accolto dal Direttore del locale Osservatorio, Johann Franz Encke (1791-1865), Ragona riuscì ad acquistare un ottimo cerchio meridiano della ditta Pistor & Martins e un magnifico rifrattore Merz da 25 cm

di apertura, oltre a numerosi strumenti meteorologici. Tornato a Palermo, diede nuovo impulso alle pubblicazioni dell'Osservatorio nel 1855 con la stampa del *Giornale Astronomico e Meteorologico*, rinnovò la stanza meridiana e vi collocò il nuovo cerchio meridiano, ma non fece in tempo a completarne la messa a punto: l'avvio di un promettente rilancio dell'Osservatorio di Palermo fu infatti bruscamente interrotto dall'arrivo dei Mille – le basi di tale rilancio, tuttavia, ormai erano poste.

7. Il "nuovo corso" post-unitario dell'astronomia in Sicilia

A Palermo il giovane Governo italiano postunitario ereditava un Osservatorio superbamente rinnovato nella dotazione strumentale grazie agli ultimi investimenti del governo borbonico. Tuttavia, ai fini di un rilancio scientifico, avere strumenti d'avanguardia è condizione necessaria ma non sufficiente: a poco serve infatti avere una dotazione strumentale moderna se mancano uomini capaci, in grado di utilizzarli al meglio. L'Osservatorio di Palermo era in grado di soddisfare alla prima condizione, ma non alla seconda: il reintegro di Gaetano Cacciatore nelle funzioni di Direttore, infatti, costituiva un vero e proprio ostacolo allo sviluppo scientifico dell'Osservatorio.

Ne era ben cosciente la classe intellettuale palermitana, che intendeva fare di Palermo un importante polo culturale, grazie al supporto determinante del Ministro della Pubblica Istruzione, Michele Amari (1806-1889), non a caso palermitano pure lui. Sono gli anni in cui arrivano all'Università di Palermo personalità importanti, quali Stanislao Cannizzaro (1826-1910), Pietro Blaserna (1836-1918), Pietro Doderlein (1809-1896) e Gaetano Giorgio Gemmellaro (1832-1904), che vanno a occupare le cattedre scientifiche e a creare laboratori, musei e strutture di ricerca di alto livello. È il matematico Federico Napoli (1819-1883), dal 1860 membro del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione a Palermo, a farsi portavoce presso il Ministro della diffusa preoccupazione in merito alle sorti dell'Osservatorio di Palermo e a perorarne la causa: consapevole dei ben noti limiti di Cacciatore, che però non intendeva rinunciare alla carica di Direttore – né formalmente poteva essere destituito, anzi i suoi meriti politici ne rafforzavano la posizione – Amari avviò delle trattative, inviando tra l'altro a Palermo, come ispettore, il celebre astronomo Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910). Nel rapporto di Schiaparelli al Ministro si sottolinea l'urgenza e la priorità di provvedere alla nomina di un secondo astronomo abile ed attivo, adeguato alle potenzialità dell'Osservatorio; Napoli suggerisce quindi indirettamente al Ministro di ricorrere ad un compromesso, ovvero trovare un valido "assistente che possa fare da direttore" (Foderà Serio, Chinnici 1997, p. 20).

Su indicazione dello stesso Schiaparelli, la scelta cadde su Pietro Tacchini (1838-1905), giovane direttore del modesto Osservatorio di Modena, cui venne offerto il posto di Astronomo Aggiunto a Palermo – ovvero, mezzi e strumenti per una brillante carriera. Tacchini accettò, con l'entusiasmo dei suoi venticinque anni, ben consapevole che una notevole mole di lavoro lo attendeva a Palermo, compresa l'attività didattica, che l'indolente Cacciatore disdegnava. A posteriori, possiamo dire che la scelta risultò

felicissima per l'Osservatorio: sarà proprio Tacchini, infatti, il protagonista del tanto atteso rilancio dell'attività di ricerca astronomica a Palermo.

8. L'Osservatorio di Palermo, avamposto della fisica solare

Una volta installato nel 1865 lo splendido equatoriale Merz (Fig. 5) che giaceva nelle casse da quasi un decennio, la brillante intuizione di Tacchini fu quella di non perseguire un programma di ricerca tradizionale di astronomia classica, dove l'Osservatorio di Palermo sarebbe stato poco competitivo in campo internazionale, data la creazione di vari grandi e moderni Osservatori oltralpe, ma di dedicarsi a ricerche "di nicchia", del tutto all'avanguardia in quel momento, come l'osservazione spettroscopica del sole.

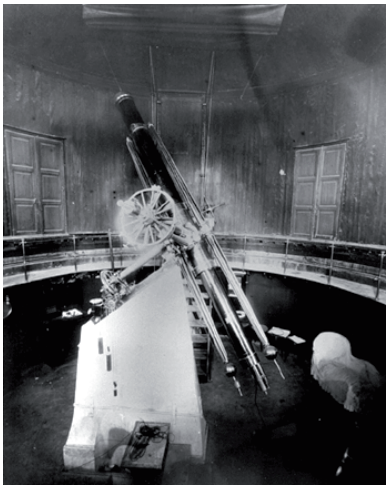


Fig. 5. Il telescopio equatoriale Merz dell'Osservatorio Astronomico di Palermo (Archivio INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo)

Egli si pose quindi sulla scia delle ricerche eseguite da padre Angelo Secchi S.J. (1818-1878) a Roma, con cui condivideva non solo il tipo di strumento utilizzato (l'equatoriale Merz del Collegio Romano era identico a quello di Palermo) ma soprattutto una visione moderna della scienza astronomica. Con Tacchini, l'Osservatorio di Palermo diventerà uno dei principali centri di fisica solare in campo internazionale, tanto da diventare il motore della Società degli Spettroscopisti Italiani, fondata da Tacchini nel 1871 in collaborazione con Secchi, nel tentativo di creare una rete – prima nazionale, poi internazionale – di monitoraggio dell'attività solare (Chinnici 2008a).

A Palermo inoltre, a partire dal 1872, vennero pubblicate le *Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani* (Fig. 6), organo ufficiale della Società, oggi considerate la prima rivista internazionale di astrofisica nella storia dell'astronomia, che riscossero

immediato successo soprattutto all'estero, malgrado il limite dell'uso prevalente della lingua italiana. Il periodo che va dal 1865 al 1880 è dunque certamente un periodo luminoso per l'astronomia siciliana, anche per un altri motivi di cui si dirà più sotto. Tale periodo si inquadra in una fase di rilancio della scienza siciliana in generale: a Palermo, infatti, si terrà nel 1875 il Congresso degli Scienziati Italiani, a conferma del ruolo di polo culturale e scientifico, svolto dal capoluogo siciliano in quegli anni.

MEMORIE

SOCIETÀ DEGLI SPETTROSCOPISTI ITALIANI

PER CURA DEL PROF. P. TACCHINI

PALERMO

Fig. 6. Frontespizio del primo numero delle Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani (Biblioteca INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo)

9. L'eclisse totale di sole del 1870

Un evento certamente significativo per l'astronomia in Sicilia fu l'osservazione dell'eclisse totale di sole del 22 dicembre 1870, la cui fascia di totalità attraversò la Sicilia sud-orientale. In quell'occasione l'Isola fu lo scenario della prima spedizione scientifica del governo italiano unitario, che allestì due stazioni, una ad Augusta (Fig. 7), l'altra a Terranova (l'attuale Gela). Malgrado gli scarsi risultati (in entrambe le stazioni l'osservazione fu disturbata da condizioni meteorologiche sfavorevoli), l'eclisse del 1870 rappresentò un evento importante per l'astronomia postunitaria, perché rafforzò la collaborazione tra gli astronomi italiani, per la prima volta impegnati in un progetto comune, e pose le basi per la fondazione della *Società degli Spettroscopisti Italiani*, di cui si è già detto, grazie all'acquisto di alcuni strumenti spettroscopici destinati ad alcuni dei principali Osservatori. Tacchini fu il vero protagonista – dietro le quinte – di questa avventura scientifica, dal momento che procurò strumenti e personale per la spedizione e si occupò di allestire le due stazioni astronomiche. Su questo tema, si rinvia alla lettura dell'interessante (e a tratti divertente) carteggio tra Tacchini e il suo direttore Cacciatore (Chinnici 2008b), nel

quale emergono i retroscena di questa impresa scientifica e se ne coglie l'importanza e il significato.

L'evento ebbe inoltre un modesto ma significativo impatto nell'opinione pubblica e vide la mobilitazione di un certo numero di volontari astrofili (rimane traccia di poco più di una quarantina di loro) che, debitamente istruiti, collaborarono a osservare il fenomeno in diverse stazioni siciliane, descrivendo e disegnando i risultati delle loro osservazioni. Si assistette pertanto, in questa circostanza, a un tentativo – inedito per la Sicilia – di portare l'astronomia fuori dai propri luoghi istituzionali, di cooptare i cittadini più colti nell'attività di ricerca, invitandoli e stimolandoli alla collaborazione, coinvolgendo il territorio e le istituzioni locali – in definitiva, di rendere accessibile l'astronomia anche ai non specialisti.

Fig. 7. Foto del personale della stazione astronomica allestita ad Augusta per l'eclisse del 1870 (Archivio INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo)

10. La nascita dell'Osservatorio di Catania

Un altro importante motivo per cui il periodo postunitario è da ricordare come un periodo d'oro per l'astronomia siciliana è la nascita dell'Osservatorio di Catania (Chinnici, Blanco in questo volume). Sarà ancora una volta Tacchini ad essere artefice di quest'iniziativa, da lui promossa nel 1876, volta alla costruzione di una stazione astronomica sull'Etna, che costituirà il passo preliminare alla realizzazione di una sede cittadina. Quello di Catania sarà il primo Osservatorio Astrofisico italiano, così pure nella città etnea sarà istituita nel 1890 la prima cattedra universitaria di Astrofisica. Alla fine del XIX secolo la Sicilia disponeva quindi di ben due Osservatori astronomici

attivi sovvenzionati dal Governo (e, nel caso di Catania, in parte dagli Enti locali), unica regione italiana a disporre di più strutture per la ricerca astronomica (in Emilia, infatti, con il decreto Bonghi del 1876, gli Osservatori di Parma e Modena erano stati declassati a osservatori meteorologici, restando unico osservatorio astronomico quello di Bologna). C'erano tutte le premesse per un altro periodo d'oro – ma non fu così.

11. Il XX secolo, tra luci ed ombre

Il XX secolo si aprì carico di potenzialità: cominciava ad estendersi sul territorio siciliano l'attività di ricerca, affiancata a quella didattica, raramente a quella divulgativa. Tacchini era ormai a Roma, dove dirigeva l'Ufficio Centrale di Meteorologia e l'Osservatorio del Collegio Romano, già diretto da Secchi. Era riuscito a inserire l'Osservatorio di Catania nel circuito internazionale del progetto *Carte du Ciel* (Fig. 8), per la realizzazione della prima mappa fotografica dell'intero cielo, cui partecipavano 18 Osservatori di tutto il mondo – e Catania rappresentava l'Italia, in questo consesso (Chinnici 1999, pp. 452-460).

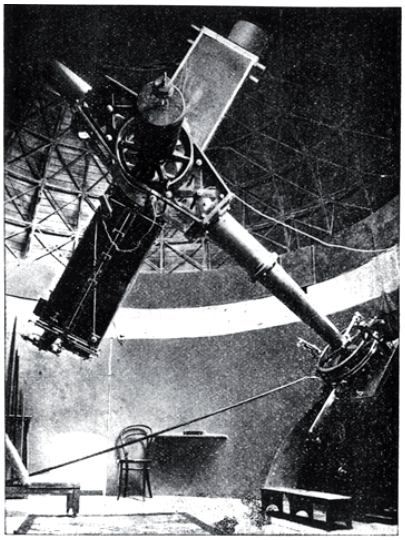


Fig. 8. L'equatoriale fotografico della *Carte du Ciel* dell'Osservatorio Astrofisico di Catania (Archivio INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo)

Ma non erano rose e fiori. Innanzi tutto, non era una situazione florida quella dell'astronomia siciliana (e italiana, in genere), dal punto di vista finanziario: scarseggiavano fondi e personale, tanto che la stessa attività di ricerca era a rischio. Dopo la partenza di Tacchini, l'Osservatorio di Palermo ripiombò nell'inattività, mentre Catania si trovò invischiato in una serie di problemi tecnici e in una mole di

lavoro ampiamente sottostimato per la *Carte du Ciel*, che praticamente ne monopolizzava le risorse. Per l'Osservatorio di Palermo fu un lento ma inesorabile declino, sancito dal declassamento a Gabinetto universitario di astronomia nel 1923: l'ubicazione al centro della città già da tempo era risultata inadatta a livelli di ricerca competitivi, la strumentazione aveva avuto pochissime innovazioni ed era sostanzialmente rimasta quella dell'epoca borbonica, i tentativi di realizzare una sede extra-cittadina erano falliti, i vari direttori, alcuni incaricati, apparivano demotivati per tentarne un rilancio e i più capaci che arrivavano erano solo in transito, ovvero in attesa di trasferimento ad altra sede.

Per Catania, dopo il felice avvio dato dal primo direttore Annibale Riccò (1844-1919), iniziò un periodo di grande instabilità, con un susseguirsi di brevi direzioni, spesso dovute a decessi prematuri, per le condizioni malsane delle zone circostanti e per il carico di lavoro eccessivo che richiedevano le osservazioni solari di giorno e le operazioni fotografiche per la *Carte du Ciel* di notte. È superfluo dire che le due Guerre Mondiali diedero il colpo di grazia alle già vacillanti risorse delle due strutture, che trascinarono un'esistenza scientifica più o meno decorosa (forse più per Catania, certamente meno per Palermo), fino all'arrivo di due importanti personalità. Nel 1956 assunse la direzione dell'Osservatorio di Catania Mario Girolamo Fracastoro (1914-1994), che rivitalizzò l'Osservatorio, ne trasferì nel 1966 la sede presso la città universitaria e creò nello stesso anno la sede osservativa di Serra La Nave, rinnovando la strumentazione e creando una "scuola" di giovani astronomi specializzati nella fisica solare e nella fotometria stellare.

Dieci anni più tardi, nel 1976, diventò direttore dell'Osservatorio di Palermo Giuseppe Salvatore Vaiana (1935-1991), rientrato dagli Stati Uniti, dove era stato tra i pionieri dell'astrofisica spaziale, e realizzò anche lui una "scuola" di giovani allievi che inizierà alle pionieristiche ricerche di astronomia satellitare nei raggi X.

12. Sviluppi recenti

Per effetto dell'impulso data da Vaiana, negli anni Novanta l'Osservatorio di Palermo è riuscito a dotarsi di un laboratorio per la calibrazione dei filtri per rivelatori di raggi X: il laboratorio XACT, che ha collaborato a diverse importanti missioni spaziali internazionali, quali *Chandra* e *XMM-Newton*. La svolta verso l'astronomia X, che è un'astronomia satellitare, ha reso superflua la ricerca di una sede extra-cittadina, per cui l'Osservatorio di Palermo ha mantenuto la sua ubicazione originaria sulla torre pisana del Palazzo dei Normanni, che tuttora lo ospita.

Va inoltre menzionata la nascita dell'IFCAI (*Istituto di Fisica Cosmica ed Applicazioni Informatiche*) a Palermo nel 1981 a opera di Livio Scarsi (1927-2006), per oltre trent'anni professore di Fisica presso l'Università di Palermo, anche lui reduce da esperienze di lavoro all'estero, in particolare in Francia e negli USA. Nato come istituto del CNR e, in particolare, come costola dell'*Istituto di Fisica Cosmica* di Milano, l'IFCAI – che dal 2005 ha assunto la denominazione di IASF (*Istituto di Astrofica Spaziale e Fisica Cosmica*) – si è specializzato in astrofisica delle alte energie e analisi

dati, ha collaborato a diverse missioni nel campo dell'astronomia X e gamma, e dei raggi cosmici, e sviluppato metodi per il calcolo parallelo e ad alte prestazioni.

Vi furono profonde rivalità scientifiche e personali tra Vaiana e Scarsi, ed è lecito chiedersi che impatto abbiano avuto sullo sviluppo della ricerca astronomica palermitana, se cioè abbiano finito col giovare o col nuocere ad essa. Questo, tuttavia, rimane un quesito aperto, cui è prematuro trovare risposta, data la brevità dell'arco temporale in esame, e che pertanto attende il giudizio storico dei posteri.

Per completezza d'informazione va inoltre segnalato che, nel 1988, l'Istituto di radioastronomia del CNR di Bologna inaugurava una stazione a Noto con un radiotelescopio realizzato nell'ambito del progetto VLBI (*Very Large Baseline Interferometry*) che, operando in collegamento con altri radiotelescopi esteri, conduce studi sulle radiosorgenti e la geodinamica.

Dal 2002 tutte le strutture che si occupano di ricerca astronomica in Italia afferiscono all'*Istituto Nazionale di Astrofisica*, che ha pertanto quattro strutture in territorio siciliano, ovvero gli Osservatori di Palermo e Catania, lo IASF di Palermo e la stazione VLBI di Noto: a oggi la Sicilia è pertanto l'unica regione con due Osservatori astronomici e il più alto numero di strutture INAF (seguita dall'Emilia che ne ha tre).

13. Cenni sull'astronomia amatoriale in Sicilia

Un breve cenno va infine fatto sull'astronomia amatoriale in Sicilia, per evidenziare che non fu mai un fenomeno che ebbe grande diffusione, data la mancanza di una vera e propria tradizione astronomica. Vero è che vi furono nobiluomini appassionati di astronomia (vedi Appendice), ma si trattò di un fenomeno limitato all'aristocrazia e di scarso impatto culturale. Certamente una speciale menzione va fatta per il Principe di Lampedusa, Giulio Tomasi (1815-1885), che allestì un Osservatorio privato nella sua villa ai Colli nei dintorni di Palermo, dotandolo di pregevoli strumenti, tanto da rivaleggiare con l'Osservatorio di Palermo (Chinnici 1997). La memoria del Principe astrofilo fu poi immortalata dal pronipote Giuseppe Tomasi di Lampedusa (1896-1957) che a lui si ispirò nel tratteggiare la figura del Principe Fabrizio Salina nel romanzo *Il Gattopardo*, cui seguirà il celebre film di Luchino Visconti (1906-1976) del 1963.

Si è già accennato al contributo dato da un certo numero di astrofili all'osservazione dell'eclisse del 1870 (Chinnici 2008b, pp. 68-69): professori, ingegneri e altri dilettanti di astronomia inviarono i loro rapporti e disegni all'apposita Commissione governativa e delle loro relazioni resta traccia nel Rapporto finale inviato al Ministro (Cacciatore 1872, pp. 209-214). Sembra però sempre trattarsi di apporti isolati che non denotano un'attività estesa sul territorio.

In tempi più recenti, sono nate diverse associazioni di astrofili su tutto il territorio regionale; oggi l'*Unione Astrofili Italiana* registra una trentina di Associazioni in Sicilia diffuse in tutte le province, che svolgono una discreta attività divulgativa, anche attraverso la gestione di strutture come planetari e piccoli Osservatori comunali o privati. Con alcune di queste associazioni, negli ultimi anni, le strutture INAF hanno avviato delle *partnership*, allo scopo di incrementare la divulgazione astronomica, con

programmi finalizzati alle scuole di ogni ordine e grado ed eventi per il grande pubblico; tutte queste attività, dal 1996 circa, hanno beneficiato di appositi finanziamenti del Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca per la diffusione della cultura scientifica.

14. Conclusioni

Si può parlare di tradizione quando vi è una pratica consolidata nel tempo e radicata nel territorio. L'astronomia siciliana non possiede tali requisiti ed appare dunque chiaro perché il suo sviluppo si presenta piuttosto come un susseguirsi di vicende. È quanto mai opportuno fare riferimento alla metafora utilizzata nel 1819 dal barone von Zach:

> […] l'Astronomie dans le Royaume des deux Siciles […] y est une plante rare et très délicate, qui n'a été cultivée jusqu'à présent, que dans une serre chaude qui est à Palerme. L'habile jardinier, qui a planté, a fait fleurir, qui a fait porter le fruit le plus précieux à cette plante, s'appelle Piazzi (Zach 1819, p. 526).

Riutilizzando tale metafora, si può dire che l'astronomia in Sicilia non è mai stata una coltivazione intensiva ed estesa, ma è rimasta una pianta rara e delicata, sempre minacciata di estinzione, per lunghi periodi infruttuosa e poco conosciuta. Qui la scienza astronomica è sempre stata, come nel pensiero di Piazzi, una scienza d'élite. Mentre altrove essa si affermò come scienza popolare (si pensi in particolare alla Francia e a tutta l'opera di divulgazione svolta dalla *Société Astronomique Française*), in Italia ciò avvenne solo nei territori che ospitavano le più antiche cattedre universitarie di astronomia (Bologna, Padova, Roma, Firenze). Nel resto della Penisola, come in Sicilia, a lungo è mancato un rapporto con la scuola, l'opinione pubblica e la società civile, con conseguenti implicazioni anche di tipo politico (es. tagli alla ricerca, etc.). L'auspicio è che tale rapporto, che in Sicilia solo da poco si è iniziato a costruire, possa portare frutti a lungo termine e diventare tradizione: i recenti sforzi di trapiantare l'astronomia nella scuola, nella società e nel territorio, sono promettenti e fanno ben sperare che la pianta diventi più robusta, con radici più consolidate e piantagioni sempre più diffuse su un terreno idoneo e ben preparato. Il progetto del Parco astronomico regionale delle Madonie, lanciato negli anni Novanta, su iniziativa e con il coinvolgimento delle istituzioni locali, come il Comune di Isnello, è segno di questo desiderio di una crescente interazione tra astronomia e territorio. L'interesse verso l'astronomia è inoltre testimoniato dal significativo numero di studenti universitari, stagisti e tesisti che frequentano gli Osservatori siciliani, proseguendo poi il percorso formativo o lavorativo altrove, per il fatto che attualmente le possibilità di carriera in Italia sono molto ridotte. Nel prossimo decennio pertanto si porrà seriamente il problema del ricambio generazionale – e quindi del futuro della ricerca astronomica, non solo in Sicilia, ma nell'Italia tutta. Forse ci attendono ancora lampi in una notte buia, in attesa di un'alba che sembra lontana.

Appendice – Cultori siciliani di astronomia prima del 1790: un primo elenco

L'elenco include i nomi citati da Piazzi (Piazzi 1792, pp. XIV-XXIX), cui sono stati aggiunti, in corsivo, altri tratti da varie fonti, indicate tra parentesi. I nomi sono stati posti in ordine cronologico e "targati" con l'attuale provincia di appartenenza, laddove è nota, per evidenziare la loro distribuzione sul territorio (vedi Tab. A); sono indicati i pochi dati biografici reperiti e titoli di opere a loro attribuite. L'elenco non pretende di essere esaustivo ed è da considerarsi provvisorio, in attesa di ulteriori ricerche sull'argomento.

Empedocle (VI sec. a. C.) – AG.

Archimede (III sec. a. C.) – SR.

Esseriph Essachali (nato a Mazara XI sec., morto esule nel 1122) (Camera 1841, pp. 89-90) – TP.

Mohamed (Lanza di Scordia 1832, p. 54 e Amari 1858, pp. 463-464, che identifica due personaggi con questo nome, insieme a un altro astronomo *Omar*.

Giovanni da Palermo (XIII sec.), autore del manoscritto *Tabulae Taletaneae super canonibus Arzachelis*) – PA.

Isacco d'Argirò (fine XI sec.), monaco basiliano del monastero di Agira, autore di manoscritti inediti di astronomia (De Burigny 1786, p. 582 e Scrofani 1824, p. 264) – EN.

Tolomeo Gallina (XV secolo), astrologo – CT.

Francesco Maurolico (1494-1575), benedettino, autore di numerose opere di matematica e astronomia – ME.

Cesare Musarra, autore di *Eclipsis solaris anni 1621 ex tabulis et motuum restituzione Tychonis Brahe calculata*, Messina, 1621 (Ferrara 1833, p. 353) – ME.

Pietro Mutolo, autore di *Del movimento della cometa del 1664*, Pisa, 1664 – ME.

Gaspare Catalano, autore del *Discorso sulla cometa del 1607*, (Ferrara 1833, p. 353) – PA.

Scipione Di Lorenzo, autore di opere di astrologia (Narbone 1854, p. 19) – PA.

Pietro Emmanuele (?-1669), sacerdote, alchimista, autore di un trattato sulla misura delle longitudini in mare edito a Palermo nel 1661 (Dollo 1979, p. 80) – PA.

Giovanni Antonio Giuffo, giureconsulto, esperto di astronomia giudiziaria, autore del *Tractatus de Eclipsibus,* Napoli, 1621 (Dollo 1984, p. 63) – PA.

Giovanni Paolo Chiarandà S.J. (1613-?), visse a Piazza Armerina, gnomonista – EN.

Carlo Maria Carafa (1651-1695), visse e operò a Mazzarino, autore di un trattato di gnomonica pubblicato nel 1689 (Dollo 1979, p. 210) – CL.

Giovan Battista Hodierna (1597-1660), astronomo della famiglia Tomasi di Lampedusa e arciprete di Palma di Montechiaro (Dollo 1979, pp. 100-104) – RG.

Leonardo Omodei, autore di trattati astrologici (Narbone 1854, p. 20) – RG.

Carlo Maria Ventimiglia (1576-1662) (Scinà 1859, p. 54) – CL.

Giacomo Ruffo (?- 1674), Visconte di Francavilla (Calabrese 2007, pp. 154-155) – ME.

Girolamo Settimo (1770-1843), marchese di Giarratana (Brigaglia, Nastasi 1981) – RG.

Benedetto Maria Castrone (ca. 1668-1748), domenicano, gnomonista, autore di *Horographia universalis*, Palermo, 1728 e di *Diversorum miscellanea mathematum*, Roma, 1737 – PA.

Gabriele Bonomo (1694-1760), frate minimo, visse a Nicosia, gnomonista, autore di *Horographia trigonometrice pertractata*, Palermo, 1758 – EN.

Melchiorre Spedalieri S.J. (1685-1747) – PA.

Niccolò Cento (1719-1780), matematico (Brigaglia, Nastasi 1981) – PA.

Giovan Battista Serina (?-1789), arciprete, lettore di matematica (Cancila, p. 87) – PA.

Giovanni Luca Germano, autore dell'almanacco astrologico dell'anno 1736 (Scinà 1859, p. 65) – PA.

Giuseppe Ventimiglia (1766-1814), principe di Belmonte (Piazzi 1792, p. XXXVIII) – PA.

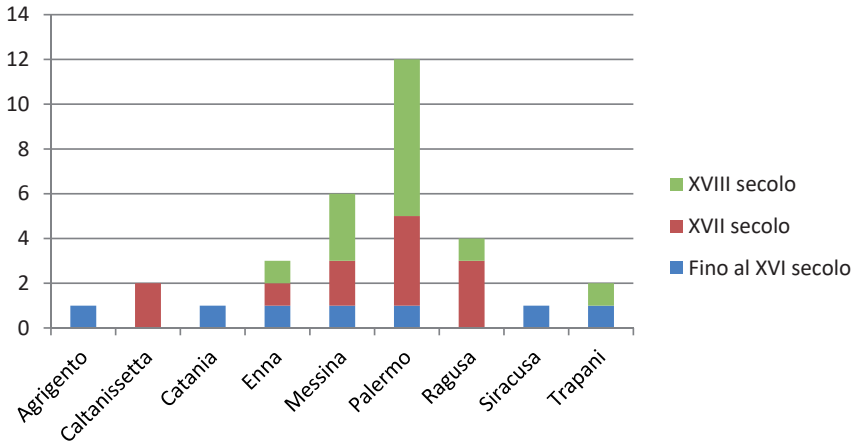
Pietro Notarbartolo (1779-1843), Duca di Villarosa – PA.

Andrea Gallo, autore di *Observatio lunaris eclipsi 1761*, possessore di un telescopio di nove piedi (Scinà 1859, p. 153) – ME.

Giovanni Francesco Musarrà SJ, autore di *Astronomia breviter exposita,* Messina, 1705 – ME.

Corradino Sinatra (1698-1746), speziale, visse a Noto, utilizzava strumenti ottici da lui realizzati, autore di *Osservazioni circa la cometa apparita nel fine del 1743 e principii del 1744*, Palermo, 1744 (Scinà 1859, p. 49) – RG.

Leonardo Ximenes S.J. (1717-1786) – TP.



Tab. A. Distribuzione geografica dei cultori di astronomia in Sicilia menzionati nell'elenco provvisorio di cui sopra, suddivisi in fasce temporali (sono esclusi alcuni del periodo arabo, perché non è nota la città di nascita o di residenza)

Bibliografia

Amari M. (1858). *Storia dei Musulmani di Sicilia*, 3 voll. (1854-1872). Firenze: Le Monnier, vol. 2.

Brigaglia A., Nastasi P. (1981). "Due matematici siciliani della prima metà del '700: Girolamo Settimo e Niccolò Cento". *Archivio Storico per la Sicilia Orientale*, anno 77, fascicolo 2-3, pp. 209-276.

Cacciatore G. (1872) (a cura di). *Rapporti sulle osservazioni dell'ecclisse totale di sole del 22 dicembre 1870 eseguite in Sicilia dalla Commissione Italiana*. Palermo: Stabilimento Tipografico Lao.

Calabrese M.C. (2007). "Società nobiliare e trasmissione dei beni. I Ruffo di Francavilla". *Quaderni del Dipartimento di Studi Politici*, 1, pp. 149-170.

Camera M. (1841). *Annali delle Due Sicilie. Dall'origine e fondazione della monarchia fino a tutto il regno dell'augusto sovrano Carlo III Borbone*, 3 voll. (1841-1860). Napoli: Stamperia e Cartiere del Fibreno, vol. 1.

Cancila O. (2006). *Storia dell'Università di Palermo dalle origini al 1860*. Firenze: Editori Laterza.

Romano M. (2006) (a cura di). *I docenti della Regia Università di Palermo (1820-1880)*. Palermo: Università degli Studi di Palermo.

Chinnici I. (1997). "Gli strumenti del Gattopardo". *Giornale di Astronomia*, 23, pp. 24-29.

Chinnici I. (1999). *La Carte du Ciel. Correspondance inédite conservée dans les Archives de l'Observatoire de Paris*. Paris: Observatoire de Paris; Palermo: Osservatorio Astronomico di Palermo G.S. Vaiana.

Chinnici I., Foderà Serio G., Brenni P. (2001). "The Ramsden's Circle at the Palermo Astronomical Observatory". *Bulletin of the Scientific Instrument Society*, 71, pp. 2-10.

Chinnici I. (2008a). "The Società degli Spettroscopisti Italiani. Birth and evolution". *Annals of Science*, 65, pp. 393-438.

Chinnici I. (2008b). *L'eclisse totale di sole del 1870 in Sicilia. Lettere di Pietro Tacchini a Gaetano Cacciatore*. Palermo: INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo.

De Burigny J.L. (1786). *Storia generale di Sicilia del signor De Burigny tradotta dal francese, illustrata con note, addizioni, tavole cronologiche , e continuata fino a' nostri giorni dal signor Mariano Scasso Borrello*, 3 voll. (1786-1794). Palermo: Solli, vol. 1.

Dollo C. (1979). *Filosofia e Scienze in Sicilia*. Padova: CEDAM.

Dollo C. (1984). *Modelli scientifici e filosofici nella Sicilia spagnola*. Napoli: Guida Editori.

Ferrara A.F. (1833). *Storia generale della Sicilia del professore cav. A.F. Ferrara*. Palermo: Lorenzo Dato, tomo VI.

Foderà Serio G., Chinnici I. (1997). *L'Osservatorio astronomico di Palermo. La storia, gli strumenti*. Palermo: Flaccovio.

Foderà Serio G., Chinnici I. (2001). "Cerere Ferdinandea". *Giornale di Astronomia*, 27, pp. 8-23.

Lanza di Scordia P. (1832). *Degli arabi e del loro soggiorno in Sicilia – Memoria di Pietro Lanza, Principe di Scordia*. Palermo: Pedone e Muratori.

Mongitore A. (1707-1714). *Bibliotheca Sicula sive de scriptoribus siculis […]*, 2 voll. Palermo: ex typographia Didaci Bua, ex typographia Angeli Felicella.

Narbone A. (1854). *Bibliografia Sicola Sistematica o Apparato metodico alla storia letteraria della Sicilia*, 4 voll. (1850-1855). Palermo: F.lli Pedone Laurie, vol. 3.

Piazzi G. (1792). *Discorso preliminare sulle vicende dell'astronomia in Sicilia*, in *Della Specola Astronomica de' Regj Studj – Libri Quattro*. Palermo: Reale Stamperia, pp. IX-XXXII.

Piazzi G., Foderà Serio G. (a cura di) (1990). *Sulle vicende dell'Astronomia in Sicilia*. Palermo: Sellerio Editore.

Scinà D. (1859). *Prospetto della Storia Letteraria di Sicilia nel secolo decimottavo – Vol. unico, Tomo 1*. Palermo: Officio Tipografico Lo Bianco.

Scrofani S. (1824). *Della dominazione degli stranieri in Sicilia […]*. Parigi: Ant. Boucher.

Zach (von), F.X. (1819). *Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et* statistique. Gênes: A. Ponthenier, vol. 2.

Astronomia e astrofisica nell'Università di Catania
Un itinerario archivistico (1779-1919)

Salvatore Consoli - Archivio Centrale e Storico, Università di Catania - sconsoli@unict.it

Abstract: The teaching of astronomy at the University of Catania dates back to the end of the 18th century but it had a real growth by the end of the 19th century, together with the establishment and expansion of the observation stations, especially the astronomical observatory, both in Catania and on the mount Etna. The documents preserved in the Historical Archives of the University allow us to retrace this route and tell this story, particularly regarding the institutional features, so often neglected by the "inside" science histories. New teachings, contests, nominations, resources organization and so on, in the academic context are the necessary assumption of the scientific business, which is substantially conditioned by all those factors. We will walk the major stages of this route, always looking at the archival documents and records, which now testify more than a century of history, since the merely theoretical scholarship of the first teachers at the end of 18th century to the establishment of the first teaching post of Astrophysics in Italy and in the world (1890). The first professor was Annibale Riccò, whose teaching and research work range from 1890 to 1919: in this year, his death marked the end of a very important period in the history of Astronomy in Catania.

Keywords: Catania, Astronomia, Astrofisica, Università, Archivio storico.

1. Introduzione

Questo contributo intende illustrare sinteticamente la storia dell'insegnamento dell'astronomia presso l'Università degli Studi di Catania, da un punto di vista non interno alla disciplina, ma istituzionale. Nell'intento di proporre una prospettiva poco frequentata dagli studiosi di storia della scienza (Consoli 2011), il percorso verrà segnato dalla successione dei documenti d'archivio che quella storia raccontano, i quali verranno in questa sede privilegiati rispetto alle solitamente più frequentate fonti bibliografiche. La documentazione adoperata in quest'occasione, scelta fra quella abbondantemente disponibile, è tutta conservata presso l'Archivio Storico dell'Università degli Studi di Catania, che nella sua veste recentemente rinnovata custodisce la memoria istituzionale di oltre tre secoli di storia dello Studio etneo (Consoli 2003). Il periodo considerato va dalle origini dell'insegnamento, alla fine del secolo XVIII, fino al 1919, anno che vide la morte di Annibale Riccò e con essa la fine di una fase importante nella storia dell'astronomia catanese.

2. L'insegnamento teorico dell'Astronomia (1779-1875)

Il *Siciliae Studium Generale* ebbe dalla fondazione (1434-1444) e fino al 1840 tre facoltà: Diritto, Medicina e Arti, Teologia. Tuttavia non tutte le Arti, fra le quali era tradizionalmente inclusa l'Astronomia, furono insegnate. Stando alla documentazione conservata, gli inizi dell'insegnamento dell'Astronomia risalgono alla fine del XVIII secolo: nell'ambito della riforma dello Studio, una delle più importanti fra le parecchie succedutesi (Catalano *et al.* 1934; Baldacci 2008), nel prospetto delle cattedre previste nelle *Istruzioni pella publica generale Università de' Studii di Catania*, trasmesse con lettera data a Palermo il 20 agosto 1779, per la prima volta viene esplicitamente previsto un «Corso Analitico, Astronomia Nautica, e Geografia» retribuito con 40 onze annuali.[1]

Passeranno tuttavia quasi dieci anni prima che la previsione cominci a essere attuata. Nel frattempo, è probabile che sia risultato determinante l'attivismo di Palermo che, priva di una propria università, promuoveva concretamente l'insegnamento dell'Astronomia, incaricandone Giuseppe Piazzi (1746-1826), già dal 1781 docente di matematica presso l'Accademia de' Regi Studi. Un documento dato a Palermo il 3 aprile 1788,[2] intitolato *Nota della cattedre da provedersi a concorso dell'Università di Catania col loro soldo* ci informa che la cattedra di Astronomia, insieme a quelle di Geometria elementare e di Aritmetica ed algebra finita, è inclusa nella Classe di Matematiche col soldo (stipendio) di 80 onze annuali.[3] L'esito, piuttosto rapido tenuto conto che nel frattempo Piazzi era ancora in «viaggio di formazione» (Piazzi, Foderà Serio 1990), è la «elezione» alla cattedra di Vincenzo Zuccarello, approvata dal viceré di Sicilia, con «biglietto» da Palermo del 30 settembre 1788.[4]

Zuccarello morì nel giro di un paio d'anni: dopo alcuni affidamenti temporanei,[5] il nuovo professore della materia venne individuato in Francesco Gambino (1776-1835). Date le circostanze, Gambino può essere considerato il primo vero docente della cattedra, tenuto conto di un fatto essenziale: seppure lo Studio si fosse preoccupato di fornirgli una preparazione specifica inviandolo a Palermo a studiare presso Piazzi, divenuto rapidamente noto e autorevole, il suo insegnamento rimase teorico, come quello dei suoi predecessori. Lo espone egli stesso in un memoriale indirizzato al viceré dove, qualificandosi come «regio professore d'Astronomia», dice:

---

[1] Archivio Storico dell'Università degli Studi di Catania [d'ora in poi ASUCT], *Fondo Casagrandi*, n. 116, c. 2 r-v. Gli stipendi attribuiti alle cattedre elencate nel prospetto variano da un massimo di 150-100 onze annuali per gli insegnamenti più prestigiosi (Pandette, Codice e Novelle, Medicina teoretica, Metafisica) a un minimo di 40-30 per la maggior parte degli altri insegnamenti: Astronomia è pagata quanto Matematica e un po' più di Geometria (30 onze).

[2] ASUCT, *Fondo Casagrandi*, n. 143, c. 89r.

[3] Pur rimanendo al di sotto degli stipendi più elevati (stavolta il massimo previsto è 100 onze annuali, per tutt'e quattro le cattedre della classe di Medicina, e inoltre per Pandette e Dogmi teologici), rispetto al 1779 il compenso per Astronomia viene decisamente rivalutato: non solo è raddoppiato, ma è il più alto fra i tre insegnamenti inclusi nella «Classe di Matematiche» (Geometria ed Aritmetica hanno entrambe un «soldo» di sole 40 onze annue, in linea con gli insegnamenti più modesti).

[4] ASUCT, *Fondo Casagrandi*, n. 125. Per «biglietto» si intende una breve comunicazione scritta con la quale il viceré, che da Palermo sorvegliava e spesso governava l'andamento dello Studio etneo, impartiva le sue disposizioni.

[5] Si hanno notizie di incarichi a Fortunato Paternò Tedeschi, lettore di Metafisica, per un anno e per i due anni successivi a Giuseppe Orlando, docente di Geometria elementare.

> Sono circa dieci anni, che l'oratore per sovrano comando […] fu destinato a dedicarsi allo studio dell'Astronomia nella R. Specola di Palermo sotto la direzione del P. Piazzi, acciò si perfezionasse colla pratica delle osservazioni in tutte le cognizioni teoriche dell'Astronomia fisica. Eseguito religiosamente il comando, con altro real dispaccio si benignò la M.S. incardinare l'esponente alla cattedra vacante di quella scienza coll'antico soldo corrispondente. L'esponente in tutto il corso di circa un decennio di lezioni s'è sempre impegnato di formare la gioventù studiosa con quel zelo che conveniva al real servizio e al dovere di publico Istruttore, ed ha cercato di rendere utili le sue istruzioni con somministrare ai giovani tutti gl'aiuti di matematiche pure e miste concorrenti all'intelligenza dell'Astronomia […] mentre con soddisfazione ha veduto uscire dalle sue lezioni degl'allievi, i quali servono […] o in qualità d'officiali del Real Corpo d'artiglieria, o in qualità di publici Professori di Matematiche [afferma quindi che] lo studio dell'Astronomia Fisica [sottolineato nell'originale] suppone per base fondamentale non solo la Matematica sublime, ma ancora tutti i rami delle Matematiche miste, ossia la Meccanica, l'Idromeccanica, l'Ottica, [aggiungendo che] al Professore d'Astronomia si compete ancora l'obligo d'istruire que' giovani, che avessero la necessità d'attendervi, nell'Astronomia Nautica o Pilotaggio, tanto utile per la navigazione.[6]

Dal documento apprendiamo che l'insegnamento, pur monco della parte pratica[7] e quindi poco o piuttosto affatto utile a preparare gli aspiranti astronomi, riusciva però produttivo, licenziando insegnanti con una preparazione matematica integrata dalla conoscenza teorica dell'astronomia, e soprattutto ufficiali con una base di conoscenze utili sia per la strategia militare sia per la navigazione: quest'ultimo punto è evidenziato non certo a caso, ove si ricordi l'importanza dell'esercito negli stati dell'epoca, ribadita dalla fresca e allora ancor duratura esperienza delle guerre napoleoniche.

Dopo la morte di Francesco Gambino (1835), la «Commissione di pubblica istruzione ed educazione in Sicilia» da Palermo chiede notizie alla Deputazione dello Studio catanese circa le sorti dell'insegnamento dell'Astronomia. Si delinea quindi la proposta di affidare l'insegnamento al giovane matematico Giuseppe Zurria: dopo vario carteggio tra Catania e Palermo i professori Lorenzo Maddem[8] e Agatino San Martino[9] vengono incaricati di

---

[6] ASUCT, *Fondo Casagrandi*, n. 204 (un'immagine del documento è pubblicata in questo stesso volume, nel contributo di Chinnici e Blanco, al quale si rinvia anche per le immagini dei protagonisti e dei luoghi dell'astronomia etnea). Lo scopo del memoriale è chiedere l'aumento dello stipendio attribuito alla cattedra: Gambino, oltre alle attendibili querele sulla carestia dei tempi etc. e non trascurando di ricordare le benemerenze del padre Leonardo, allega che l'aumento è già stato concesso a vari professori e che lo stipendio di 100 onze annuali rimane 20 onze meno della cattedra di Matematica sublime. Il destinatario laconicamente annota a tergo: «La Deputazione degli Studi di Catania riferisca col parere. Palermo 19 luglio 1804. Cutò». Da questa indicazione si desume la data approssimativa del documento (che non è datato né firmato) e anche una conferma dell'inizio dell'insegnamento di Gambino, risalente quindi al 1794 circa.

[7] Negli anni successivi Gambino ebbe probabilmente a disposizione almeno uno strumento dei passaggi, come sembra testimoniare la relazione di Maddem e San Martino del 1839 (vd. *infra*).

[8] Lorenzo Maddem (Acireale 1801-Catania 1891), fra i fondatori dell'Accademia Gioenia, insegnò a lungo nella Facoltà di Scienze dello Studio catanese, in particolare Fisica generale e poi Meccanica razionale e Geodesia.

[9] Agatino San Martino (o Sammartino) e Paternò dei principi di Pardo (1773-1855), professore di Matematica sublime dal 1816, contribuì agli studi su Cerere Ferdinandea scoperta dal Piazzi.

redigere una relazione in proposito, che viene stesa e consegnata l'8 agosto 1839.[10] Nella relazione si affrontano partitamente tutti gli aspetti della questione, da quelli generali (utilità dell'insegnamento, progresso della scienza, prestigio dello Studio etneo) a quelli particolari (risorse, locali, strumenti etc.). Rispetto a tutte le considerazioni poste, la valutazione, evidente sin dalle prime pagine, è che sia assolutamente necessario abbinare la pratica delle osservazioni astronomiche all'insegnamento teorico, e che quindi sia indispensabile per l'insegnamento la presenza di un osservatorio. Dopo la disamina delle questioni accennate, si affronta quella che in sostanza, confutate tutte le obiezioni scientifiche e di altro ordine, appare l'unica veramente ostativa cioè «la difficoltà della spesa». In particolare, poiché la spesa per lo stipendio della cattedra era già prevista (e pure stanziata, quindi con residui correnti) le spese da preventivare sarebbero quelle relative alla missione di istruzione di Zurria («la saggissima disposizione di inviare un giovane geometra ad apprendere l'arte delle Applicazioni Astronomiche poco o niente conosciuta fra noi»), alle quali si potrà provvedere «col soldo ordinario della cattedra e col risparmio dei quattro anni che è rimasta vacante»; segue il problema dell'acquisto degli strumenti, che però importa lieve spesa:

> non riducendosi l'apparato ordinario di un Osservatorio, al dire dell'insigne Astronomo della Specola Ximeniana di Firenze, Cannovai, che all'acquisto oltre dell'Istrumento dei passaggi per le osservazioni meridiane che l'Istituto possiede, di un Pendolo a scappamento per la misura esatta del tempo, di uno strumento circolare mobile per le osservazioni non meridiane, di un Cannocchiale acromatico di mediocre grandezza per quella dei vaganti fenomeni […].

Infine si affronta la spesa relativa allo stabilimento del locale: per quest'ultimo si propone

> un casotto provvisorio sulla loggia in cima della stessa Università come il Meteorologico;[11] luogo abbastanza svelto onde potervi eseguire tutte le osservazioni ordinarie della giornata, in vantaggio della scienza e dell'istruzione teorico-pratica, che il Zurria al momento ritornato dovrà incominciare.

In conclusione della relazione, Maddem e San Martino affermano con inequivoca determinazione l'inutilità, generale e particolare, di un insegnamento puramente teorico e quindi la necessità di provvedere un Osservatorio astronomico:

> […] noi conchiudiamo il nostro rapporto: ridurre la Cattedra di cui si tratta a non insegnare che la Meccanica Celeste, in vece di attivarla cooperante la pratica da un Osservatore sostenuta, non è utile ma di deciso danno all'oggetto del nostro insegnamento, alla propagazione della scienza fra noi. Riandate tutte le ragioni che potrebbero avervi rapporto niuna abbiamo saputo trovarne che ne sostenesse e

[10] ASUCT, *Fondo Casagrandi*, n. 204. Da notare che contemporaneamente venne chiesto analogo parere anche a Niccolò Cacciatore, successore di Piazzi a Palermo: cfr. Chinnici, Blanco, in questo stesso volume.

[11] Si riferisce all'osservatorio meteorologico, impiantato pochi anni prima per iniziativa di Carlo Gemmellaro (Catania 1787-1866, docente di Storia naturale, geologo etc.), sulla sommità del palazzo universitario nel centro della città. Ai fratelli Gemmellaro, Carlo e Mario, si deve anche la pionieristica stazione di osservazione geologico-vulcanologica sull'Etna presso la «casa degli Inglesi» a quota di m. 2942 s.l.m., che sarà l'antecedente storico del futuro Osservatorio astronomico, edificato nello stesso luogo.

> favorisse l'utilità: noi lo abbiamo al contrario trovato decisamente in opposizione al fatto della nostra esperienza; ai progressi della scienza in generale e fra noi; al maggiore onore e al lustro dell'Università.

L'anno successivo viene pubblicato il *Regolamento per le tre Università di Sicilia*,[12] che nell'elencare le cattedre per ciascuna Università (Palermo, Catania e Messina) divise per Facoltà, stabilisce che a Catania nella Facoltà delle Scienze Fisiche e Matematiche saranno insegnate le seguenti discipline:

- Fisica sperimentale
- Astronomia,
- Storia naturale,
- Chimica filosofica e farmaceutica,
- Chimica applicata alle Arti,
- Fisica generale,
- Matematiche sublimi,
- Geometria,
- Aritmetica ed Algebra,
- Architettura.

In questa organizzazione dei corsi, comprendente gli insegnamenti fondamentali della nuova Facoltà,[13] si rileva che l'impronta illuministica propria già della riforma del 1779 perdura: non è un caso, ma un segno della auspicata priorità da darsi alle scienze applicative, che siano presenti accanto alle tradizionali cattedre teoriche e quindi appunto fra gli insegnamenti considerati imprescindibili, insegnamenti di espresso indirizzo pratico come *Architettura e Chimica applicata alle Arti*; e inoltre insegnamenti di carattere teorico, ma che prevedono sia una parte sperimentale sia possibili applicazioni pratiche, come sono *Fisica sperimentale* e appunto *Astronomia*: per quest'ultima anche Gambino, trentasei anni prima, aveva perorato le utili applicazioni alla navigazione, alle operazioni militari, all'insegnamento.

Nel 1843 Agatino San Martino pubblica col solo suo nome un testo (San Martino 1843), che in sostanza ripropone la relazione firmata con Maddem nel 1839, in versione estesa e rielaborata dal punto di vista formale, identica tuttavia nelle argomentazioni e nella conclusione. Operazione certo non casuale: sulla scorta del *Regolamento* del 1840 si voleva sollecitare la formazione di un «geometra osservatore»[14] e quindi la dotazione alla cattedra

---

[12] Il *Regolamento per le tre Università di Sicilia* del 1840 è il principale testo normativo per le università siciliane nel periodo della restaurazione borbonica. Fu allora che venne sancito quello *status* rimasto in sostanza stabile fino a tutto il XX secolo: tre atenei pubblici (Palermo, Catania e Messina) molto simili nell'articolazione ma ognuno con un suo bacino d'utenza. Il testo è stato ripubblicato in Coco *et al.* (2000, pp. 233-257).

[13] Infatti è proprio il *Regolamento* del 1840 a sancire l'istituzione a Catania delle novelle Facoltà di Scienze (matematiche, fisiche e naturali) e di Lettere. Naturalmente molti insegnamenti inseriti nelle nuove Facoltà erano già esistenti da tempo: in particolare diversi insegnamenti scientifici, specie quelli a indirizzo pratico-sperimentale, erano stati attivati nel corso del Settecento nella scia delle politiche riformiste.

[14] Diversamente che nella relazione del 1839, il nome di Zurria non è citato esplicitamente: forse, essendo Zurria già dal 1842 professore di matematica, si pensava di trovare un altro aspirante.

di un osservatorio. San Martino quindi riprende e amplifica tutte le argomentazioni del 1839 ma con più forte e insistito appello all'autorità regia e governativa.

L'appello rimase comunque inascoltato. Infatti, nonostante tutti gli interventi e le richieste, la cattedra dopo la morte di Gambino venne di fatto disattivata e la situazione si trascinò immutata per diversi decenni: l'insegnamento dell'Astronomia, pur previsto dal *Regolamento* del 1840, rimase lettera morta; Giuseppe Zurria la insegnò solo occasionalmente (e gratuitamente), ma si dedicò alla matematica, diventandone presto professore ordinario.

Nei decenni successivi al 1840 si succedettero i tumultuosi avvenimenti del Risorgimento e quindi dell'Unità. In quegli anni rivoluzionari il governo borbonico di fatto rese sempre più asfittiche le condizioni dell'insegnamento, anche a causa dell'effettivo coinvolgimento di molti fra studenti e professori nel moto risorgimentale (Catalano *et al.* 1934; Frasca 2004; Pulvirenti 2011): in tale situazione non ci fu spazio alcuno per riattivare la cattedra di Astronomia. Inoltre, il governo privilegiò apertamente l'Università di Palermo, che comunque per l'astronomia godeva ancora delle strutture e del prestigio ereditati dal magistero di Piazzi.

Anche dopo l'Unità la situazione rimane sostanzialmente immutata: il 13 novembre 1860 la Facoltà di Scienze matematiche e fisiche, nel rispondere a una richiesta del Ministero dell'Istruzione Pubblica circa le cattedre vacanti e le relative proposte precisa:

> Il Collegio [delle Scienze fisiche e matematiche] delibera di farsi conoscere al Sig. Rettore per l'uso di risulta che non vi è propriamente se non una cattedra vuota ed è quella di Astronomia, il di cui insegnamento fu sospeso dal passato Governo fino a che l'Università avrebbe i mezzi di erigere un osservatorio astronomico, soggiungendo che ora questi mezzi, provenienti dai soldi maturati e non soddisfatti per detta Cattedra, che in somma non indifferente debbono esistere […] e quindi crede di ripristinarsi la detta cattedra di Astronomia, di provvedersi di un professore […] e di darsi cominciamento alla erezione dell'osservatorio.[15]

Si riecheggia ancora la conclusione della relazione di Maddem e San Martino: questo sarà il *leitmotiv* ancora negli anni seguenti, e di fatto la vicenda conoscerà una vera svolta solo quando sarà decisa la costruzione dell'osservatorio. In questo periodo i verbali della Facoltà di Scienze ci illustrano una situazione di sostanziale stallo, aggravata dal contesto che è quello della peggiore crisi subita dallo Studio etneo in tutta la sua storia. La legge De Sanctis-Matteucci (1862) classificò le università in primarie (fra esse Palermo, con Napoli) e di secondo rango, quindi con minori risorse assegnate: fra queste Catania (con Messina). La dequalificazione innescò un mortale vortice, nel quale la sempre maggiore scarsità delle risorse disponibili determinò una decadenza della didattica e della ricerca, causando il progressivo abbandono degli studenti e quindi ancor maggior decadimento: l'antico e glorioso *Siciliae Studium Generale* nell'anno 1868-1869 si ridusse al minimo storico di 146 studenti iscritti. In tale frangente la questione dell'Astronomia, dipendente dall'attivazione di un osservatorio e quindi da nuovi stanziamenti, venne sostanzialmente

[15] ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali*, n. 1 (1860-1883), pp. 6-7.

accantonata: si trovano ogni tanto degli accenni all'insegnamento,16 che però sembrano risuonare come appelli lanciati nel vuoto.

L'istituzione del Consorzio per l'Università, costituito nel 1877 inizialmente dal Comune e dalla Provincia di Catania (*Annuari*), e quindi col progressivo concorso di vari altri enti (soprattutto Comuni), fu la risposta: sin dal 1878 ne cominciano i benefici effetti, in particolare con l'acquisto di strumenti e sussidi scientifici vari per fisica, chimica, zoologia etc. Le risorse del consorzio consentirono di (ri)attivare insegnamenti e istituti scientifici, ridando gradualmente fiato alla ricerca e alla didattica. Solo alla fine del secolo il terreno perduto fu recuperato, e si ebbe un periodo vitale e produttivo, col concorso di molti illustri docenti, parecchi dei quali giunti da fuori e rimasti più o meno durevolmente nell'Università etnea.

Naturalmente ci si occupò innanzi tutto dell'esistente, quindi di quegli istituti che seppure precariamente funzionavano. Ancora nel 1882 la Facoltà sembra accettare rassegnata lo *status quo* allorché, rispondendo alla solita inchiesta annuale del Ministero riguardo alle proposte per il personale, dichiara che «le cattedre per le quali debbe provvedersi sono quelle di *Chimica generale*, di *Algebra e geometria analitica* e di *Geometria projettiva*»,[17] aggiungendovi l'anno seguente quella di *Zoologia ed anatomia comparata*, rimasta vacante per la morte del titolare Andrea Aradas (1810-1882).[18] Tuttavia la svolta ormai intrapresa finì col riesumare pure l'Astronomia, e in modo assai più completo di quel che allora ci si potesse augurare.

3. La costruzione dell'Osservatorio e la cattedra di Astrofisica (1876-1890)

Le cose cambiano a partire dal 1876, grazie all'iniziativa dell'astronomo Pietro Tacchini (1838-1905), autentico successore di Piazzi a Palermo, dove era giunto nel 1863 provenendo dall'Osservatorio di Modena.

In quell'anno e nei successivi si determinarono alcune circostanze eccezionalmente favorevoli al progetto ideato da Tacchini sin dal 1871, il cui cardine è proprio la costruzione del sempre auspicato osservatorio astronomico.[19] Nel 1876 le spoglie di Vincenzo Bellini vengono traslate da Parigi a Catania: si svolgono solenni festeggiamenti in un clima di entusiasmo cittadino, corroborato anche dalla partecipazione al governo nazionale di esponenti politici locali; Tacchini seppe cogliere prontamente il momento e conseguire risultati persino superiori alle pur ambiziose aspettative.[20]

---

[16] *Ibidem*, *passim*: nel 1875-1876, nell'ambito degli orari delle lezioni, l'Astronomia/Meccanica celeste compare fra le materie di 4° anno per gli aspiranti alla laurea in Matematiche e a quella in Scienze fisiche e matematiche.

[17] *Ibidem*, verbale della seduta del 29 giugno 1882, p. 356.

[18] *Ibidem*, verbale della seduta del 22 luglio 1883, p. 384.

[19] «L'Accademia Gioenia di Catania avendomi invitato a leggere qualche mio lavoro […] io pensai bene di ritornare sopra il mio progetto del 1871, cioè di impiantare sull'Etna una stazione astronomico-meteorica», così scriveva da Palermo Tacchini ad Angelo Secchi (1818-1878) il 12 ottobre 1876 (Chinnici, Gasperini 2013, p. 430; ivi varie lettere del 1876-1877 che toccano la vicenda (pp. 429-436, 447-450).

[20] La vicenda è narrata partitamente in questo stesso volume da Chinnici e Blanco.

Il 23 settembre 1877 Tacchini da Palermo scrive al Rettore dell'Università di Catania, Salvatore Marchese, illustrando certe sue vedute sul progetto presentato l'anno precedente all'Accademia Gioenia e al Comune di Catania:[21]

> Ill.mo Signor Rettore, contemporaneamente alla presente riceverà il rapporto sugli osservatorii meteorici da impiantarsi nella provincia di Catania. Come vedrà nel detto rapporto ho proposto che l'osservatorio meteorico dell'Università venga reso indipendente dal Gabinetto di Fisica e collegato invece alla Specola dell'Etna: è una necessità il fare così, perché lo studio della meteorologia in Catania deve estendersi dal livello del mare alla vetta del vulcano, e quindi uno solo deve dirigere ogni cosa a questo riguardo. Anzi a questo proposito io credo che lei proponendo ciò potrà fare dichiarare anche l'osservatorio etneo come dipendenza dall'Università, se già non è stato fatto nella convenzione secondo aveva consigliato io in Roma.

La lettera, oltre a essere un ulteriore tassello dell'abile gioco diplomatico che allora Tacchini conduceva con i ministeri romani, gli enti locali (Comune e Provincia di Catania) e la comunità scientifica, attesta una reale sollecitudine perché ciò che si stava costruendo, non ancora in senso materiale ma progettuale, venisse assicurato come bene permanente alla comunità scientifica, di cui in ambito locale l'Università, meglio che l'Accademia Gioenia che dell'Ateneo era sostanzialmente un'appendice, rappresentava l'istituzione principe. La lettera prosegue:

> Oltre a ciò bisognerebbe definire la mia posizione riguardo all'impianto di questo osservatorio etneo, perché finora io ho agito senza alcun incarico ufficiale, ma solo per quei rapporti di fiducia che nacquero fra me e i Ministri e le amministrazioni catanesi: ora se io debbo continuare nell'opera vorrei che i firmatarii della Convenzione mi incaricassero ufficialmente della direzione di tutto quanto si dovrà fare tanto per l'osservatorio etneo come per le stazioni di Catania, Nicolosi e Casa del Bosco che dovranno organizzarsi in rapporto con quella dell'Etna. Non è che io pretenda stipendio o compensi, nulla affatto di ciò, ma solo di avere una posizione definita ed ufficiale, che ora mi manca, perché cambiandosi Ministero, Rettore, Sindaco, Prefetto […] potrei anche vedermi escluso dalla direzione di lavori che debbono assicurare l'esito dell'impresa. Finito poi ogni cosa il Consorzio nominerà chi crederà, ma per ora bisognerebbe poter definire bene due cose: 1° assicurare all'Università l'osservatorio etneo, 2° dare a me la direzione provvisoria di tutto, cioè tanto della specola Etnea da costruirsi, come dell'osservatorio meteorico dell'Università da impiantarsi di nuovo in Catania. Veda dunque di continuare questa partita, affinché io possa continuare a puntare l'opera mia con ogni sicurezza. Non dimentichi di sollecitare il Prefetto a regolarizzare la Convenzione onde si possano staccare presto mandati: al principio del 1878 dobbiamo completare il pagamento del cannocchiale.

Tacchini vede dunque l'osservatorio al centro di una rete di stazioni scientifiche di osservazione[22] e, pienamente consapevole che le favorevoli condizioni politiche

[21] ASUCT, *Fondo Casagrandi*, n. 1173: la lettera è su carta intestata della Società degli Spettroscopisti Italiani.

avrebbero potuto cambiare rapidamente, si preoccupa affinché il progetto possa andare a buon fine. Il progetto venne approvato, grazie soprattutto al prestigio e al sostegno politico di cui Tacchini godeva. Completato l'iter burocratico e avviata la parte tecnica (costruzione della cupola metallica e degli strumenti), l'osservatorio sull'Etna venne edificato nell'arco di un anno, fra il 1879 e il 1880. Subito dopo, sempre grazie a congiunture politiche favorevoli, fu avviato l'iter per la costruzione della sede cittadina dell'Osservatorio, presso il monumentale convento dei padri Benedettini ormai passato al demanio statale e quindi alla gestione del Comune. La sede venne edificata e attrezzata dal 1885 ed era sostanzialmente completa nel 1890. L'Osservatorio venne quindi affidato all'Università, attraverso una convenzione fra il Ministero dell'Agricoltura, Industria e Commercio, principale finanziatore, e il Ministero della Pubblica Istruzione.

Nel frattempo, dopo vari accenni a volte contraddittori, dal 1886 la Facoltà di Scienze si impegna, soprattutto nei confronti del Ministero dell'Istruzione Pubblica, per l'attivazione della cattedra e il relativo concorso. Il Ministero, ancora all'inizio del 1887, comunica che il concorso per la cattedra di Astronomia non è stato definito in attesa di capire se l'Osservatorio etneo dipendesse dall'Università.[23] La Facoltà da parte sua continua le pressioni e finalmente il 29 dicembre 1888 delibera:[24]

> La facoltà è di avviso essere urgente che il Ministero provveda alla cattedra di Astronomia la quale oltre ad essere un completamento necessario della facoltà di scienze, ha una importanza speciale in Catania, dove il R. Governo la Provincia e il Comune hanno collettivamente speso in 10 anni molte somme prima per l'Osservatorio Astronomico sull'Etna e poi per quello di Catania, che è quasi completato. Osserva anche che da varii anni giace non applicato il materiale scientifico di questi osservatorii, che fu acquistato con grande premura dal Ch.mo Prof. Pietro Tacchini per le osservazioni da farsi in questi osservatori, osservazioni che porterebbero buoni frutti per la scienza, così per le eccezionali condizioni di serenità del cielo di Catania, come per la elevata stazione dell'Etna. Pertanto la facoltà ritenendo l'urgenza che sia coperta la cattedra di Astronomia e che l'Osservatorio astronomico funzioni, e conoscendo i meriti che distinguono in tale materia il Prof. A. Riccò ordinario della Università di Palermo, (meriti che lo designano come uno degli astronomi appartenenti alle università italiane che potrebbe trarre buon profitto dai mezzi di indagine che offre Catania, e contemporaneamente prestare l'insegnamento di Astronomia Fisica e Meccanica Celeste in questa Università) propone unanimemente che il Prof. Riccò venga nominato Prof. Ordinario di Astronomia Fisica

[22] Pochi mesi prima, il 26 marzo 1877, Orazio Silvestri da Torino scriveva al Rettore di Catania, proponendogli un piano per «formare una scuola e laboratorio di geologia chimica in codesto centro di importanza incomparabile per tale studio» ove un «osservatorio sull'Etna […] è non solo utile ma reclamato dalla Scienza attuale. Abbiamo infatti sul piccolo Vesuvio un grande osservatorio che rende conto dei fenomeni di questo e vi attira tanti visitatori, mentre nulla di simile vi ha sul gigante dei vulcani europei» (ASUCT, *Fondo Casagrandi*, n. 1173, cc.n.n.). Silvestri (Firenze 1835-Catania 1890) insegnò Chimica a Catania e poi a Torino, ritornando a Catania nel 1877 dove fino alla sua morte tenne l'insegnamento per lui istituito di Chimica fisica terrestre con applicazione speciale all'Etna, in aggiunta a quello classico di Geologia e Mineralogia. Sarà proprio l'osservatorio vulcanologico a soppiantare quello astronomico sull'Etna nel 1926.

[23] ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali*, n. 2 (1883-1890), seduta dell'8 gennaio 1887, p. 90.

[24] *Ibidem*, pp. 180-181.

> e Meccanica Celeste in questa Università e che in pari tempo assuma la direzione dell'Osservatorio astronomico dell'Etna e di quello succursale di Catania.

Il dado è dunque (finalmente) tratto: si ha evidente cura di affiancare alla novità che l'Astrofisica rappresentava il tradizionale insegnamento astronomico, chiamato con la vecchia dizione di «meccanica celeste»; inoltre già da questa proposta viene definito quello che per oltre un secolo resterà un abbinamento fisso, cioè la nomina a ordinario di Astronomia/Astrofisica e la direzione dell'Osservatorio conferiti alla medesima persona. Tuttavia perché Riccò arrivi effettivamente a Catania passeranno ancora due anni, durante i quali si assiste ai classici rinvii burocratici: il Ministero dapprima nega il trasferimento di Riccò a Catania perché titolare di insegnamento diverso da quello richiesto;[25] lascia però aperto uno spiraglio, tant'è che, dopo che la facoltà ha proposto persino i nomi per la commissione del concorso a cattedra per Astronomia (non Astrofisica!),[26] nella seduta dell'8 maggio 1890 viene comunicata una nuova lettera ministeriale che stavolta approva il trasferimento di Riccò a Catania dall'a.a. 1890-1891:[27] a questo punto sarà un intervento tutto politico a sciogliere infine gli ultimi indugi, ancora una volta sollecitato e sostenuto dall'inesausto Tacchini.
Il 26 giugno 1890 si riunisce la facoltà di Scienze. Al secondo punto dell'ordine del giorno c'è il «parere della Facoltà sopra un progetto per i laboratori di Chimica e Fisica»: il preside Orazio Silvestri «dice che il Prof. Tacchini è venuto a Catania per scegliere il suolo sul quale deve costruirsi un padiglione per la fotografia della volta celeste, per la quale costruzione il Ministero ha assegnato circa £ 25.000 […] fatto un progetto generale si comincerebbe a costruire il padiglione e poi si passerebbe a costruire i due Laboratori con sovvenzioni annue di £ 30.000 che darebbe il Ministero della Pubblica Istruzione». Si discute della condizione dei laboratori, dichiarata «indecente» dallo stesso Ministro nella sua visita a Catania di due anni prima, e dei progetti in proposito discussi con il prof. Tacchini in incontri precedenti.[28] A questo punto Tacchini, con l'assenso della Facoltà, interviene di persona alla seduta e riferisce che il Ministero è disposto a impegnare una somma massima di £ 30.000 annue per il miglioramento dei laboratori. Tuttavia, poiché «per la costruzione del padiglione fotografico tutto è pronto e che dippiù è necessario, per impegni internazionali già assunti,[29] cominciare i lavori fotografici al principio dell'anno prossimo», propone la costruzione di un edificio unico che ospiti il padiglione fotografico e, al pianterreno, i nuovi laboratori di Chimica e Fisica. Dopo dettagliata discussione «la Facoltà ringrazia il prof. Tacchini, il quale si ritira, e delibera quindi» che sulle somme stanziate dal

[25] ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali*, n. 2 (1883-1890), seduta del 27 giugno 1889, pp. 212-213.
[26] *Ibidem*, seduta del 10 novembre 1889, pp. 242-243: i nomi proposti sono Tacchini, Schiaparelli, Lorenzoni, Fergola, Blaserna.
[27] *Ibidem*, pp. 273-274.
[28] *Ibidem*, p. 284: «Dietro schiarimenti domandati dal Prof. Mollame [Matematica] i Proff. Grassi [Zoologia ed Anatomia comparata] e Bartoli [Fisica] comunicano che furono dal f.f. Rettore Prof. Tomaselli invitati ad un'adunanza insieme col Prof. Capparelli [Fisiologia] e col Prof. Carnazza Puglisi [Rettore, già deputato e futuro senatore]».
[29] Tacchini qui si riferisce al progetto internazionale della *Carte du Ciel* avviato nel 1887 (Cristaldi *et al.* 2000).

Ministero si cominci subito l'edificazione del padiglione fotografico, riservando le assegnazioni degli anni successivi alla costruzione dei laboratori di Fisica e Chimica e al miglioramento del laboratorio di Zoologia. A seguire, come da ordine del giorno, il Preside comunica due lettere ministeriali a proposito della cattedra di Astronomia e della nomina del prof. Riccò a prof. di Astronomia Fisica a Catania:

> La Facoltà mentre è lieta per l'istituzione della nuova cattedra di Astronomia fisica e ne ringrazia il Ministero, fa presente a questo che l'insegnamento, il quale s'impartisce dalla detta cattedra, non è di quelli che sono necessarii per il conseguimento della laurea in matematiche, imperocché è l'insegnamento dell'Astronomia matematica quello che nelle Facoltà di Scienze (a tenore del Regolamento citato dal Ministero nella stessa sua lettera) è stato fin'ora impartito agli studenti che aspirano alla sudetta laurea.[30]

Quest'ultima puntualizzazione evidenzia una certa riluttanza della Facoltà, forse una "fronda" interna: probabilmente l'intervento diretto di Tacchini durante la seduta apparve del tutto irrituale, ma proprio per questo sembra evidente che quell'intervento sia stato concordato perché Tacchini si impegnasse di persona di fronte alla Facoltà, presentandosi come garante politico e vincendone la resistenza.

Pochi mesi dopo, il 23 ottobre 1890, la facoltà di Scienze si riunisce nuovamente.[31] Viene comunicata una lettera del Ministro della Pubblica Istruzione, che autorizza la costruzione solamente dell'osservatorio: il Ministro obietta, circa la proposta deliberata dalla Facoltà nella seduta del 26 giugno, che non ci sono fondi per i laboratori né d'altra parte gli risulta che l'Università abbia elaborato e presentato formalmente uno specifico progetto. Alla comunicazione «la Facoltà deplora di essere stata tratta in inganno», allegando a testimonianza il verbale del 26 giugno 1890; inoltre «la Facoltà deplora del pari che il Ministro mentre ha subito provveduto per la costruzione del padiglione fotografico, indugi poi tanto a provvedere alla costruzione di laboratori indispensabili per una facoltà di Scienze». Dopo di che non ci saranno altre obiezioni nel merito. La Facoltà in sostanza prende atto della situazione ormai venutasi a creare, avendone certamente valutato gli aspetti comunque positivi: non ottiene quanto promesso da Tacchini, ma acquisisce un nuovo e promettente istituto scientifico. Di fatto la Facoltà aveva provato a forzare la situazione, cercando di ottenere quanti più vantaggi dal Governo tramite Tacchini: il quale probabilmente assentì alle richieste ben sapendo che sarebbero state considerate eccessive, come poi puntualmente accadde; ovvero giocò d'astuzia, fingendo di acconsentire per ottenere la delibera della Facoltà al progetto e con questo un sostanziale via libera per l'attivazione della cattedra e la chiamata di Riccò. In ciò Tacchini fu ancora una volta coerente coi suoi progetti: un buon punto d'osservazione sul cielo privilegiato della Sicilia, dotato di strumenti aggiornati e di personale qualificato, che potesse sostituire Palermo divenuta di fatto poco redditizia come stazione di osservazioni (e che egli stesso dal 1879 aveva abbandonato per Roma: forse anche per questo la direzione dei lavori chiesta nel 1877 non gli venne mai formalmente conferita),

[30] ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali*, n. 2 (1883-1890).
[31] ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali*, n. 3 (1890-1902).

gli appariva ormai un'esigenza irrinunciabile per lo sviluppo e il prestigio internazionale dell'astronomia italiana. Le vicende successive, grazie soprattutto alla fervida attività dispiegata da Riccò, dimostreranno la fondatezza del progetto e delle scelte da lui compiute o comunque da lui indirizzate e guidate.[32]

4. Astrofisica e Astronomia: Annibale Riccò (1890-1919)

Annibale Riccò (Modena 1844-Roma 1919) porta la gloria di essere stato il titolare della prima cattedra universitaria di Astrofisica istituita in Italia e nel mondo, e altresì il primo direttore dell'Osservatorio etneo. Da allora la direzione dell'Osservatorio astronomico/astrofisico è stata sempre associata alla cattedra di Astronomia/Astrofisica.[33]

Riccò giunse da Palermo, allorché da «professore ordinario di Fisica Tecnologica nella Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri, annessa alla Regia Università di Palermo, e primo astronomo aggiunto all'Osservatorio Astronomico di quella stessa città, fu nominato invece professore ordinario di Astronomia Fisica nella Regia Università di Catania, conservando lo stipendio di annue £ 5500 di cui era provveduto come professore ordinario, con effetto dal primo di novembre 1890»;[34] contestualmente, nella stessa data, «fu nominato Direttore dell'Osservatorio Bellini sull'Etna annesso alla R. Università di Catania, con lo stipendio annuo di £ 3000 ridotto a £ 2000 per effetto della legge sui cumoli, con decorrenza dal primo di novembre 1890».

Riccò partecipa per la prima volta alle sedute della facoltà il 26 dicembre 1890. Verrà eletto *Preside* nel 1896 e nel 1897; nominato Rettore per gli anni 1898-1900, sarà nuovamente eletto Preside nel 1900 e nel 1901; nel 1902, nuovamente richiesto, vorrà essere dispensato dalla presidenza: gli subentrerà il fisico Giovan Pietro Grimaldi.[35]

Nella seduta del 20 giugno 1892 la Facoltà delibera il calendario degli esami: vengono fissati data (22 luglio, ore 6 p.m.) e commissione per gli esami di Astronomia, ed è la prima volta dopo il 1887.[36] La commissione è composta da Riccò, Bartoli[37] e Pennacchietti;[38] Riccò è inoltre componente delle commissioni di laurea in Scienze naturali e in Fisica e Chimica (non in quella di Matematica).

Il nuovo insegnamento debutta inizialmente fra i corsi liberi ma, in progresso di tempo, sarà sempre più spesso consigliato nei vari piani di studio e quindi inserito fra

[32] Di fatto, il problema dei nuovi locali per Chimica e Fisica verrà risolto solo vent'anni dopo, grazie ai fondi del decreto prodittatoriale garibaldino del 1860 finalmente riconosciuti e assegnati. Il «piano di massima in esecuzione della legge 13 luglio 1905» venne deliberato dall'Ateneo nel 1906, Rettore il fisico Giovan Pietro Grimaldi, succeduto nella carica proprio a Riccò (Consoli 2013).

[33] Associazione valida finché la recente istituzione dell'INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica, 1999) ha separato gli Osservatori dalle strutture e dagli insegnamenti universitari.

[34] ASUCT, *Fascicoli dei docenti*, f. Riccò Annibale: dichiarazione del Ministro della Pubblica Istruzione del 1° agosto 1890 (copia conforme); *ibidem* la nomina a Direttore dell'Osservatorio.

[35] Tralasciamo i numerosi incarichi e le onorificenze, ricordando solo che pronunciò la prolusione inaugurale dell'anno accademico 1894-95 sul tema «Il Sole» (cfr. *Annuari*), e che fu per vari anni presidente dell'Accademia Gioenia, nei cui atti furono pubblicati parecchi contributi scientifici suoi e dei suoi collaboratori.

[36] ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali*, n. 3 (1890-1902).

[37] Adolfo Bartoli (Firenze 1851-Pavia 1896), docente di Fisica a Catania (1886-1892) e in seguito a Pavia.

[38] Giovanni Pennacchietti (Arcevia 1850-Roma 1916), docente di Meccanica razionale.

gli insegnamenti curricolari, insieme all'astronomia nel frattempo ripresa; dal 1903 l'Astrofisica e l'Astronomia saranno inserite in pratica in tutti i piani di studio, per le lauree in matematica, fisica, chimica, scienze naturali. Tuttavia gli esami di queste materie saranno sempre numericamente inferiori a quelli dei principali insegnamenti curricolari: gli insegnamenti astronomici, di fatto mai obbligatori per tutti gli studenti, saranno comunque meno frequentati rispetto a matematica, fisica, chimica.[39]

Sull'attività didattica di Riccò, limitata di norma a tre-quattro ore settimanali ma comunque continua, possiamo farci un'idea abbastanza precisa grazie ad alcuni superstiti registri delle lezioni tenute in diversi anni accademici.

Il primo corso di Astrofisica documentato comincia il 10 dicembre 1891 e si conclude il 28 giugno 1892:[40] nel registro sono annotate in tutto sessanta lezioni, delle quali trentasette effettivamente tenute.[41] Le prime due lezioni introducono il corso: gli argomenti della prima sono «Storia dell'Astrofisica. Invenzione del cannocchiale, del telescopio, strumenti acromatici, refrattori. Nuove nozioni sul sole, la luna i pianeti le comete. Fotografia celeste»; nella seconda si tratta di spettroscopia e nozioni sulla Terra. Seguono quattordici lezioni sugli strumenti, le metodiche e i problemi dell'osservazione: la lezione dell'11 febbraio 1892 è dedicata all'«esercizio d'osservazione colla proiezione e collo spettroscopio a diffrazione (macchia solare straordinaria)». Dopo un mese di pausa, il 16 marzo si riprende trattando il Sole in tre lezioni, quindi la Terra (due lezioni), la luna (quattro lezioni); si ritorna al Sole per trattare le eclissi solari e i pianeti (sistemi storici, leggi del movimento, caratteri generali e particolari: cinque lezioni); quindi le comete (cinque lezioni, compresa una dedicata alle «grandi comete del 1811, 1843, 1858, 1861, 1881, 1882»); infine le stelle: solo due lezioni, perché nel frattempo si è giunti al 28 giugno, ultima lezione registrata, dopo la quale Riccò annota (senza data) «Gli studenti non si sono più presentati».

Dieci anni dopo, nel registro delle lezioni del corso di Astrofisica dell'a.a. 1902-1903[42] Riccò annota cinquanta lezioni svolte,[43] con inizio al 1° dicembre 1902 e fine al 29 maggio 1903. La successione degli argomenti è simile a quella del 1891-1892, ma stavolta, grazie certamente all'esperienza ma anche alla maggiore regolarità delle lezioni, la distribuzione appare completa (la trattazione delle stelle, evidentemente monca nel 1891-1892, ora si distende in sei lezioni) e soprattutto meglio distribuita, a coprire in modo equilibrato l'intero arco della materia. La prima lezione si apre ancora con la storia dell'Astrofisica: stavolta non più che un cenno, dacché nello stesso giorno si comincia la trattazione degli strumenti e dei metodi dell'osservazione e della fotografia celeste, che prosegue per altre dodici lezioni, inframmezzate da due visite con descrizione degli strumenti astronomici (8 gennaio) e fotografici (10 gennaio)

[39] Basti dire che tutti gli esami di Astronomia e Astrofisica degli anni 1921-1969 sono raccolti in un solo registro.

[40] ASUCT, *Registri delle lezioni della Facoltà di Scienze*, n. 1 (1885-1903).

[41] Le altre lezioni non furono tenute per indisposizione del professore ovvero suoi impegni istituzionali («missione governativa», «giurato all'Esposizione di Palermo»), ma soprattutto per assenze degli studenti: le c.d. «vacanze abusive» degli studenti erano usuali e piuttosto frequenti (Consoli 2013, p. 78, n. 21).

[42] ASUCT, *Registri delle lezioni della Facoltà di Scienze*, n. 1 (1885-1903).

[43] A differenza del registro del 1890-1891, questa volta le lezioni non tenute sono solo annotate a margine (anche a matita).

dell'Osservatorio di Catania;[44] si passa quindi al Sole (quattro lezioni), alla Terra (due lezioni), alla luna (tre lezioni); anche stavolta le eclissi lunari fanno da ponte per passare alle eclissi solari e quindi al sistema solare e ai pianeti (quattro lezioni); seguono comete, bolidi e arcoliti (tre lezioni) e finalmente le stelle (sei lezioni): costellazioni, moto, tipologia, classificazioni, cataloghi, ammassi e nebulose. La trattazione della materia si conclude il 1° maggio con una lezione sulle «ipotesi cosmogoniche di Kant, La Place e Faye»; dopo una «lezione pratica: osservazione della luna coll'equatoriale», le ultime undici lezioni, dal 6 al 29 maggio, sono dedicate alle "conferenze" riepilogative sugli argomenti del corso.[45]

Riccò limitò volutamente il suo impegno didattico. Negli anni rifiuterà vari ulteriori incarichi, adducendo sempre i gravosi impegni dell'Osservatorio: già nel 1892 *Fisica terrestre e vulcanologia*, rimasto vacante per la morte prematura di Silvestri; *Calcolo infinitesimale* nel 1896; *Geografia fisica* nel 1907. Acconsentì però eccezionalmente a tenere alcuni corsi liberi.[46] Abbiamo ad esempio un registro del corso libero di *Meteorologia*: il corso si svolge dal 4 gennaio al 9 giugno 1898, per un totale di venticinque lezioni.[47] Dopo una lezione di «nozioni preliminari e visita all'Osservatorio meteorologico», il docente tratta della radiazione solare e dei fenomeni del riscaldamento, passando poi a temperatura e termometria, pressione e barometri, umidità e igrometri, quindi ai fenomeni atmosferici e meteorologici coi relativi strumenti di osservazione. Nell'ultima lezione tratta di «Propagazione dei cicloni e delle tempeste. Carte meteorologiche. Previsione del tempo». Non mancano alcune (in verità poche) lezioni pratiche.

All'attività didattica si affiancavano quella scientifica – notevolissima e da subito dominata dai lavori per il grande progetto internazionale della *Carte du Ciel* (Cristaldi *et al.* 2000) – e quella organizzativa, preoccupazione costante di Riccò, che se ebbe fondi e personale tecnico ed esecutivo a sufficienza, stentò a ottenere dall'Università e dal Ministero della Istruzione Pubblica la stessa attenzione sul versante della ricerca e dell'insegnamento.

Poco dopo il suo arrivo, a seguito della morte di Silvestri, Riccò propone che la dotazione e il personale del Gabinetto di chimica fisico terrestre vengano assegnati per l'a.a. 1891-1892 all'Osservatorio: la proposta è approvata.[48] Negli anni successivi sono continui i suoi tentativi, non sempre riusciti, di migliorare la situazione dell'Osservatorio: nel 1901 propone la nomina di un astronomo aggiunto, assente nonostante gli osservatori siano di fatto due (Etna e Catania), e l'aumento della dotazione economica

[44] Non sono annotate visite o esercitazioni preso la sede dell'Etna, evidentemente sconsigliate dalla stagionalità di quella sede, attiva solo in estate, oltre che dalle notevoli difficoltà logistiche.

[45] Dettate certamente da esigenze didattiche: è probabile che fosse prevista la possibilità di interventi, osservazioni, domande da parte degli studenti.

[46] ASUCT, *Registro dei verbali della facoltà di Scienze matematiche, fisiche e* naturali, n. 3 (1890-1902), seduta del 20 luglio 1897, p. 230: Riccò, con Grimaldi [Fisica] e Baccarini [Botanica], «dice che assumerà di fare un corso libero, destinando i proventi all'Università colla fiducia che il Sig. Rettore terrà presenti i bisogni dell'Osservatorio».

[47] ASUCT, *Registri delle lezioni della facoltà di Scienze*, n. 1 (1885-1903).

[48] ASUCT, *Registro dei verbali della facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali*, n. 3 (1890-1902), seduta del 3 luglio 1891, p. 39.

dell'Osservatorio.[49] Il 9 aprile 1902, la Facoltà approva il trasferimento della libera docenza di Giovanni Boccardi (1859-1936) da Napoli a Catania.[50] Boccardi nel 1902-1903 terrà un corso libero di *Astronomia matematica*: nella seduta del 31 marzo 1903 Riccò perorerà la richiesta di trasformarlo in corso ufficiale «perché insieme a quello di Astronomia fisica, da lui dettato, costituisce un insegnamento di Astronomia completa».[51] Tuttavia nello stesso anno Boccardi vincerà il concorso per Torino: nel 1904 dunque gli succedono Azeglio Bemporad e Antonino Mascari. Entrambi lavoreranno come assistenti nell'Osservatorio: Mascari, primo assistente di Riccò sin dal 1892, morirà assai presto;[52] Bemporad dal 1905 terrà il corso libero di *Astronomia teorica/teoretica*, complementare a quello di *Astrofisica* tenuto sempre da Riccò, ma già nel 1912 andrà a Napoli, privando l'Osservatorio forse del migliore fra i collaboratori.[53]

Riccò dunque non formò una scuola locale di astrofisica/astronomia: il personale di più alto livello che collaborò con lui proveniva quasi sempre da fuori e non rimase stabilmente. Tuttavia, grazie al sostegno politico e al prestigio consolidato, ebbe personale nell'insieme sufficiente ad attendere ai lavori dell'Osservatorio; nel 1907 per la «cattedra di Astrofisica ed Osservatorio» sono elencate sette persone:[54] l'astronomo aggiunto Bemporad, due assistenti, un meccanico, un inserviente, un portiere e il custode dell'Osservatorio Etneo. Pochi anni dopo l'*Annuario* dell'Ateneo per l'anno accademico 1914-1915, fra gli istituti della Facoltà di Scienze fisiche matematiche e naturali, annovera l'Osservatorio Astrofisico ed Etneo, il cui organico, tenuto conto della dotazione coeva degli altri istituti della Facoltà di Scienze, che in media non supera le cinque-sei unità, si presenta piuttosto nutrito. Sono ben diciassette persone: il direttore prof. Riccò; i dottori Vittorio Balbi, astronomo, Giuseppe Favaro, astronomo aggiunto, Ernesto Paci e Alberto Masini, assistenti; seguono Giuseppe Fisichella, assistente in soprannumero; Concetto Strano, tecnico; cinque unità di «personale straordinario per la Fotografia celeste»: Francesco Pastore, Giuseppe Sciuto, Francesco Gentile e Michelangelo Di Bella, calcolatori, e inoltre Massa Michele, misuratore; si aggiungono Antonio Galvagno, custode dell'Osservatorio sull'Etna, Francesco Oliverio e Carmelo Consolo, inservienti; infine due «dipendenti dal Ministero d'Agricoltura»: l'ingegnere Salvatore Arcidiacono, assistente per la Geodinamica, e Andrea Laudani, custode.

A fronte di tanta e tale attività – didattica, scientifica e organizzativa – non mancarono comunque i fastidi, almeno nel periodo iniziale: il professore appariva forse troppo sicuro di sé, e fors'anche troppo chiuso nel suo attivismo, nelle torri non solo metaforiche

---

[49] *Ibidem*, seduta dell'11 marzo 1901, pp. 350-351.
[50] ASUCT, *Registro dei verbali della facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali*, n. 4 (1902-1906).
[51] *Ibidem*.
[52] Antonino Mascari (Campobello di Mazara, Trapani, 1862-Catania 1906). Cfr. la «necrologia» di Riccò in *Astronomische Nachrichten*, 1906, volume 173, pp. 175-176; [online] URL: <http://adsabs.harvard.edu/full/1906AN....173..175R> [data di accesso: 15/05/2014].
[53] Di Azeglio Bemporad (Siena 1875-Catania 1945) Riccò aveva sottolineato la preparazione e le capacità nel calcolo matematico nell'ampia relazione per la libera docenza in Fisica sperimentale: ASUCT, *Registro dei verbali della facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali*, n. 4 (1902-1906), allegato al verbale del 4 luglio 1904. Cfr. anche Mangano (2013) e Leonardi (2013).
[54] ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali*, n. 5 (1906-1915), seduta del 21 giugno 1909, p. 145: la facoltà «su proposta dei rispettivi direttori degl'Istituti universitari propone la conferma dei seguenti assistenti […]».

dell'Osservatorio. Il 3 maggio 1893 il presidente della Deputazione provinciale di Catania, già dal 1877 principale ente territoriale del Consorzio per l'Università e quindi importante finanziatore dell'Ateneo, scrive al rettore Salvatore Tomaselli:

> Essendosi detto in Deputazione ed avvalorato da informazioni di un Deputato provinciale, che l'Osservatorio astronomico Bellini sull'Etna non funziona regolarmente e non serve allo scopo pel quale fu fondato, con contributo della Provincia, del Comune e del Governo; ed essendosi particolarmente affermato che il grande cannocchiale all'uopo acquistato o non sia stato mai ivi collocato o per lo meno non vi sia infisso l'obbiettivo, La prego di volermi informare su ciò […] [e anche] dello andamento generale del servizio e se dell'opera del Prof. Riccò in qualche modo si siano avvantaggiati la scienza e l'insegnamento.[55]

Sollecitato dal Rettore, Riccò risponde il successivo 15 maggio, con una lunga e dettagliata lettera che si trascrive per esteso perché, oltre ad essere una risentita difesa nei confronti delle insinuazioni avanzate dalla Provincia, è una orgogliosa esposizione delle attività condotte per eseguire le osservazioni e alimentare la ricerca, e delle connesse notevoli difficoltà, del tutto particolari perché dovute al difficile ambiente naturale e alla mancanza, allora pressoché totale, di facilitazioni logistiche e organizzative:

> Ill.mo Signor Rettore, per rispondere chiaramente alla domanda della S.V.I., o piuttosto per dileguare ogni equivoco, è necessario che io faccia presente alla S.V.I. che stante l'impossibilità del soggiorno continuo e di lavori astronomici non interrotti all'Osservatorio Etneo (per le condizioni difficilissime di quel locale che durante l'inverno resta sepolto sotto la neve fino al 1° piano, ed è privo di comunicazione telegrafica od altra all'abitato), coi fondi accordati, certamente con non lieve sacrificio, dalle Provincia e Comune di Catania, e dal Governo si edificò un altro osservatorio in Catania e si costruirono due grandi strumenti astronomici eguali, e fu stabilito che l'obbiettivo unico venisse applicato allo strumento a cui si lavora: disposizione economica e savia, poiché non sarebbe prudenza lasciare durante l'inverno esposto alle intemperie ed alle minaccie del vicino cratere un pezzo ottico delicatissimo, di grande perfezione, e che costò £ 12000, restando poi a Catania nella impossibilità di servirsi dell'altro strumento. Invece coll'ottimo sistema adottato il lavoro scientifico, quotidiano, che si fa all'Osservatorio di città viene completato e perfezionato da osservazioni speciali (non continue) che si eseguiscono all'Osservatorio Etneo, in condizioni eccezionalmente favorevoli all'astronomia, nella stagione propizia. Pertanto il sottoscritto prendendo posto all'Osservatorio nel novembre 1890 fece subito montare, ripulire e rettificare lo strumento che trovavasi in Catania ancora imballato: compiuto questo lungo lavoro, si applicò l'obbiettivo al 25 giugno 1891, e si cominciarono le osservazioni astronomiche. Nel 1891 ottenuti i mezzi per fare gli indispensabili restauri all'Osservatorio Etneo che aveva molto sofferto per le intemperie e per l'eruzione del 1886, ed essendo i lavori già a buon punto, fu montato anche l'altro strumento, con che si giunse alla cattiva stagione, e quindi sarebbe stato per lo meno inutile l'applicare l'obbiettivo. Nell'estate 1892 l'eruzione impedì di fare osservazioni astronomiche all'Etna per l'intorbidamento dell'aria e per il rischio di rovinare gli

[55] ASUCT, *Fascicoli dei Docenti*, f. Riccò Annibale.

> strumenti colle frequenti esalazioni acide del cratere centrale. Nell'ottobre, diminuito l'attività ed il fumo dell'eruzione, si portò l'obbiettivo lassù, si applicò allo strumento e si fecero parecchie osservazioni astronomiche, finché il cattivo tempo ci obbligò al ritorno, riportando con noi l'obbiettivo, che poi ha servito finora a continuare le osservazioni in Catania, e servirà qui fin che sarà possibile riportarlo sull'Etna. A questo proposito fo notare alla S.V.I. che quest'obbiettivo colla sua montatura, oculari, accessorii ed imballaggio pesa circa chilogrammi 50 per cui dev'esser portato lassù a schiena di mulo il che può farsi solo quando la neve è completamente scomparsa dal vulcano. Le salite fatte nell'inverno dallo scrivente (che per origine è abituato ai climi freddi) gli hanno provata la difficoltà per l'uomo, l'impossibilità per gli animali da soma, i quali affondano nella neve fino al petto e ben presto si stancano e si scoraggiano. Lo scrivente poi si permette di sottoporre alla illuminata considerazione della S.V.I. che coi mezzi accordati dalle Provincia e Comune di Catania e dal Governo si è conseguito non il solo Osservatorio Bellini sull'Etna, ma bensì un Istituto Astronomico di 1° ordine, formato dell'Osservatorio Astrofisico di Catania, dell'Osservatorio Etneo, dell'Osservatorio fotografico, dell'Osservatorio Meteorologico, dell'Osservatorio Geodinamico e relativa rete di 34 stazioni sismiche: e che a tutti questi servizii deve estendersi e quindi dividersi l'attività del direttore coadiuvato da due soli assistenti. Malgrado ciò nei due anni di vita, o piuttosto di formazione, l'Osservatorio ha già dato alcuni frutti, forse non spregevoli, che sono indicati dallo elenco delle pubblicazioni fatte, fra cui 4 all'Accademia di Francia. Si uniscono alla presente due relazioni all'Accademia Gioenia,[56] ove sono segnati i passi che si riferiscono all'Osservatorio Etneo ed alla produzione scientifica dell'Osservatorio; prego inoltre la S.V.I. di voler rivedere quanto è stampato nella Relazione sull'Università di Catania, e specialmente il § 7, pag. 60, relativo alla storia dell'Osservatorio. Qui ed altrove ho esposto tutto senza modestia, che mi sembra inopportuna, ma altresì senza vanto, poiché fortunatamente ormai trattasi di fatti compiuti e non di vane parole, come la S.V.I. ha potuto in gran parte constatare, e proclamare con una benevolenza di cui le serberò sempre profonda riconoscenza. Colla massima considerazione della S.V.I. Dev.mo A. Riccò, Direttore dell'Osservatorio.[57]

Riccò cammina evidentemente nel solco tracciato dal progetto di Tacchini: una rete di osservatori del cielo e della terra,[58] coordinati dall'Osservatorio astronomico, struttura di eccellenza finanziata con mezzi disparati e gestita di fatto dall'Università. L'importante lavoro di organizzazione e l'indefessa attività di ricerca misero in secondo piano la didattica: di fatto è all'organizzazione dell'Osservatorio e alla ricerca che appaiono mirate le maggiori sollecitudini di Riccò, del resto ampiamente ripagate dal prestigio ottenuto a livello nazionale e internazionale. Sono frequenti i suoi impegni

[56] Si tratta di due estratti dal *Bollettino mensile dell'Accademia Gioenia di scienze naturali in Catania*, rispettivamente: *Lavori eseguiti nel R. Osservatorio dell'Università di Catania. Resoconto del Direttore Prof. A. Riccò* ff. XXX-XXXI, sedute del 18 dicembre 1892 e 23 gennaio 1893; e *Osservazioni astrofisiche solari eseguite nel R. Osservatorio di Catania nel 1892. Statistica delle macchie. Nota di A. Riccò*, f. XXXII, seduta del 19 marzo 1893. I passi ai quali allude Riccò sono evidenziati a matita rossa.

[57] ASUCT, *Fascicoli dei Docenti*, f. Riccò Annibale, lettera al Rettore del 15 maggio 1893.

[58] Appare obiettivamente poco sviluppata la parte geologico-vulcanologica: ma Orazio Silvestri era morto prematuramente e le cose cambieranno, fino a capovolgersi, con l'attività di Gaetano Ponte (1876-1955), docente di *Mineralogia* e poi di *Vulcanologia*.

nei concorsi a cattedra universitari e gli incarichi di rilievo, come quando nel 1905 venne convocato a Roma per far parte della commissione consultiva nominata a seguito del terremoto della Calabria.[59] Partecipava assiduamente ai convegni scientifici internazionali, ne riportiamo qui una testimonianza:[60]

> Ill.mo Sig. Rettore. Mi pregio d'informare la S.V.I. che sono stato nominato membro del sottocomitato internazionale per lo studio delle relazioni fra i fenomeni meteorici e i fenomeni fisici del sole, ed invitato a prendere parte al congresso che avrà luogo in Cambridge nel prossimo agosto, per discutere il programma dei relativi studii internazionali da istituirsi, ed ai quali l'Osservatorio di Catania parteciperà specialmente collo spettroeliografo recentemente concesso da S.E. il Ministro. Stante la notevole distanza della città, sarebbe troppo gravoso per me recarmivi totalmente a mie spese: d'altra parte ritengo mio dover per l'alto interesse di questi importantissimi studii e per l'onore che ne viene al nostro istituto, a codesta Università ed al Paese, di cercar modo di prendere parte ai lavori del detto congresso internazionale; anche allo scopo che la parte la quale verrà assegnata al nostro Osservatorio, sia conveniente al suo indirizzo ed ai mezzi di cui può disporre. Si aggiunga che io da parecchi anni mi sono occupato in modo speciale dello studio delle relazioni fra il magnetismo terrestre ed i fenomeni solari […] talché m'importerebbe molto di avere occasione di esporre e discutere le mie idee in proposito colle persone altamente competenti che interverranno al congresso di Cambridge. Quantunque il momento possa parere poco conveniente per fare un'altra domanda a S.E. il Ministro Orlando,[61] che da poco ha generosamente accordato all'Osservatorio una egregia somma per l'acquisto di uno spettroeliografo, pure considerando che la predetta nomina ed invito al Direttore di Catania certamente dipende in gran parte dal sapersi che quest'Istituto fra breve sarà in possesso del mezzo moderno più efficace per lo studio del sole, in uno dei migliori cieli e climi della Terra.

Collocato a riposo in data 14 settembre 1919, al compimento del suo 75° anno, Riccò muore a Roma il successivo 23 settembre. Il Consiglio Accademico nell'adunanza del 20 dicembre 1919 ascolta il Rettore riferire dei funerali in Roma «che riuscirono l'apoteosi del grande scienziato», e delibera le onoranze da tributare allo scomparso, fra cui la proposta di intitolargli l'Osservatorio astronomico.[62]

Azeglio Bemporad, allora direttore del Reale Osservatorio Astronomico di Napoli, nella sua lettera di condoglianze al Rettore di Catania offre stringatamente un ricordo di vita e una testimonianza diretta sullo scienziato:

---

[59] ASUCT, *Fascicoli dei Docenti*, f. Riccò Annibale: telegramma ministeriale del 20 settembre 1905, indirizzato al Rettore di Catania; la commissione nominata, chiamata a «pronunziarsi sulle cause del fenomeno tellurico che ha portato tanto lutto e tanta rovina ad una nobile nostra regione» è composta dai professori Riccò, Chistoni, Bassani, Taramelli e Palazzo.

[60] *Ibidem*, lettera al Rettore dell'1 giugno 1904.

[61] Vittorio Emanuele Orlando (Palermo 1860-Roma 1952), giurista e uomo politico, allora ministro per la Pubblica Istruzione.

[62] ASUCT, *Registri dei verbali del Consiglio Accademico*, n. 7 (1919-1924). Il Consiglio Accademico, composto dai presidi delle facoltà e presieduto dal rettore, era allora l'organo collegiale di vertice delle università.

> Napoli, 4 ottobre 1919. La morte del Prof. Riccò, vera illustrazione della Astronomia Italiana, è stata sentita con profondo dolore dal sottoscritto che ne aveva ammirato davvicino la meravigliosa attività e l'energia giovanile durante otto anni trascorsi sotto la sua direzione nell'Osservatorio di Catania. Tutto il personale di questo istituto si associa al sottoscritto nel porgere alla S.V.I. ma sentite condoglianze per la grave perdita subita dall'Università di Catania.[63]

In effetti, la perdita si rivelò più grave di quel che si potesse temere. L'insegnamento dell'astronomia/astrofisica continuò senza soluzioni di continuità, ma le osservazioni si ridussero alla sola sede urbana, sempre più inadeguata e trascurata. L'assegnazione nel 1926 dell'Osservatorio etneo alla cattedra di Vulcanologia, consegnò la struttura alle sole osservazioni geologiche, che dopo difficili inizi conobbero un grande impulso per l'attività di Gaetano Ponte, proprio dal 1919 docente di Vulcanologia. Tutto questo determinò un certo decadimento della ricerca: le osservazioni astronomiche, incluse quelle meteorologiche di servizio, rimasero comunque un supporto fondamentale per la didattica, cosa del resto pur sempre coerente coi vecchi principi affermati sin dal primo Ottocento. Bisogna attendere l'arrivo di Mario Girolamo Fracastoro (1914-1994, a Catania dal 1954 al 1966), per assistere ad un nuovo impulso alla ricerca, causa ed effetto anche questa volta dell'aggiornamento della strumentazione e delle strutture, col trasferimento della vetusta sede cittadina nel nuovo *campus* di Santa Sofia a nord della città e con la costruzione di un nuovo punto di osservazione sull'Etna.[64]

Bibliografia

Annuari della (Regia) Università degli Studi di Catania (1866-1867, 1970-1971). Catania: stampatori vari, dall'a.a. 1866-1867 all'a.a. 1970-1971.

Baldacci G. (2008). *L'Università degli Studi di Catania tra XVIII e XIX secolo*. Acireale - Roma: Bonanno.

Blanco C. (2005). *L'Accademia degli astronomi*, in Alberghina M. (a cura di), *L'Accademia Gioenia. 180 anni di cultura scientifica (1824-2004)*. Catania: Maimone, pp. 171-177.

Catalano M., Gaudioso M., Paladino G., Libertini G., Curcio G., Naselli C. (1934). *Storia della Università di Catania dalle origini ai giorni nostri*. Catania: Zuccarello.

Chinnici I., Gasperini A. (2013). *Alle origini dell'astrofisica italiana. Il carteggio Secchi-Tacchini 1861-1867*. Firenze: Fondazione Ronchi.

Coco A., Longhitano A., Raffaele S. (2000). *La facoltà di Medicina e l'Università di Catania*. Firenze: Giunti.

Consoli S. (2003). "Il 'nuovo' Archivio Storico dell'Università degli Studi di Catania". *Annali di storia delle università italiane*, 7, pp. 339-343.

[63] ASUCT, *Fascicoli dei Docenti*, f. Riccò Annibale.

[64] Oltre alla bibliografia, si veda anche la documentazione presentata in *Percorsi di storia e traguardi scientifici dell'Osservatorio Astrofisico di Catania* (2011).

Consoli S. (2011). *L'archivio storico dell'Università di Catania come fonte per la storia delle scienze*, in Montaldo S., Novaria P. (a cura di), *Gli archivi della scienza. L'Università di Torino e altri casi italiani*. Milano: Franco Angeli, pp. 189-198.

Consoli S. (2013). *La diversità come genialità. La storia del fisico Giovan Pietro Grimaldi*, in Giunta I., Villani S. (a cura di), *Lo specchio deformante. Vecchi e nuovi paradigmi della diversità*. Lecce: Pensa MultiMedia, pp. 73-87.

Cristaldi S. (1982). "L'Osservatorio Astrofisico di Catania. Dalla sua fondazione ad oggi". *Coelum*, 50 (5-6), pp. 139-152.

Cristaldi S., Mangano A. (1995). "The Astrophysical Observatory and the University Institute of Astronomy in Catania". *Memorie della Società Astronomica Italiana*, 66 (4), pp. 785-794.

Cristaldi S., Mangano A., Rodonò M. (2000). *Contributo dell'osservatorio astrofisico di Catania al progetto della "Carte du Ciel"*, in Calledda P., Proverbio E. (a cura di), *Storia del servizio internazionale delle latitudini e delle imprese di cooperazione internazionale (1850-1950) & Astronomia e Archeoastronomia. Convegno annuale di storia dell'astronomia* (Cagliari, 24-25 settembre 1999). Cagliari: CUEC, pp. 133-143.

Frasca E. (2004). "Università, potere e rivoluzione. Docenti 'in prima linea'". *Annali della facoltà di Scienze della formazione dell'Università degli Studi di Catania*, 3, pp. 169-198.

Leonardi A. (2013), "Azeglio Bemporad e la 'Carta del Cielo'", *Incontri*, 1 (2), pp. 35-36.

Mangano A. (2013), "Azeglio Bemporad. Un caso di discriminazione razziale all'Osservatorio di Catania", *Giornale di Astronomia*, 4, pp. 33-36.

Percorsi di storia e traguardi scientifici dell'Osservatorio Astrofisico di Catania (2011), DVD dell'omonima mostra a cura di Iozzia A.M., Archivio di Stato di Catania, 16 dicembre 2009-27 febbraio 2010.

Piazzi G., Foderà Serio G. (a cura di) (1990). *Sulle vicende dell'Astronomia in Sicilia*. Palermo: Sellerio.

Pulvirenti C.M. (2011). *Il Risorgimento all'Università. Professori e studenti tra cattedre e barricate*, in Barone G. (a cura di), *Catania e l'unità d'Italia. Eventi e protagonisti del lungo Risorgimento*. Acireale - Roma: Bonanno, pp. 65-87.

San Martino (Sammartino) A. (1843), *Sull'insegnamento della cattedra di Astronomia nella Regia Università di Catania*. Catania: Sciuto.

Manoscritti

Abbreviazioni

ASUCT: Archivio Storico dell'Università degli Studi di Catania.

ASUCT, *Fascicoli dei Docenti*, f. Riccò Annibale.
ASUCT, *Fondo Casagrandi*, n. 116.
ASUCT, *Fondo Casagrandi*, n. 125.
ASUCT, *Fondo Casagrandi*, n. 143.

ASUCT, *Fondo Casagrandi*, n. 204.
ASUCT, *Fondo Casagrandi*, n. 1173.
ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali* (1860-1883), n. 1.
ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali* (1883-1890), n. 2.
ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali* (1890-1902), n. 3.
ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali* (1902-1906), n. 4.
ASUCT, *Registri dei verbali della facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali* (1906-1915), n. 5.
ASUCT, *Registri dei verbali del Consiglio Accademico* (1919-1924), n. 7.
ASUCT, *Registri delle lezioni della facoltà di Scienze* (1885-1903), n. 1.

L'Etna e le stelle
La nascita dell'*Osservatorio Astrofisico di Catania*

Ileana Chinnici - INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo - chinnici@astropa.inaf.it
Carlo Blanco - Università di Catania; Accademia degli Zelanti e dei Dafnici - cblanco@oact.inaf.it

Abstract: The first attempts to establish an astronomical observatory in Catania date back to the end of the 18th century, but they were unsuccessful. In the last quarter of the 19th century, thanks to some favourable circumstances, a small astronomical station was built on the slopes of mount Aetna for astrophysical investigations at high altitude, thus preceding the establishment of the first Italian astrophysical observatory in 1880.

Keywords: Astrophysics, Sicily, Observatory.

1. Introduzione

I primi tentativi di istituire un osservatorio astronomico a Catania risalgono alla fine del Settecento, esattamente negli stessi anni in cui veniva istituito l'Osservatorio di Palermo, affidato alla direzione di Giuseppe Piazzi (1746-1826), il quale, con la scoperta del primo asteroide, Cerere Ferdinandea, e la pubblicazione di un importante catalogo stellare, lo renderà celebre (Foderà Serio, Chinnici 1997).

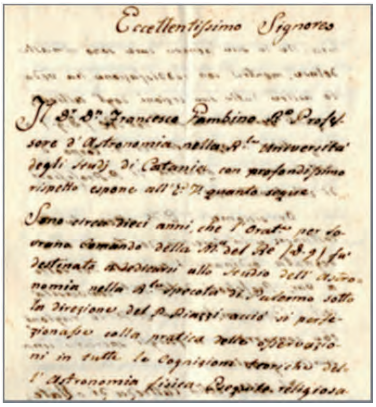

Eccellentissimo Signore

Fig. 1. Prima pagina di un manoscritto di Francesco Gambino (Archivio Storico dell'Università di Catania)

Francesco Gambino (spesso citato come Gambini) (1776-1835), già allievo di Piazzi a Palermo, nel 1794, all'età di soli diciotto anni, fu chiamato a ricoprire la prima cattedra di Astronomia dell'Ateneo catanese (Reina 1839, p. 248) (Fig. 1). La cattedra era stata istituita in quello stesso anno per volere del Re Ferdinando, nell'ambito dell'azione riformatrice della Pubblica Istruzione che aveva portato all'istituzione di un'analoga cattedra a Palermo nel 1786. L'azione, promossa dal Viceré di Sicilia, Francesco D'Aquino, Principe di Caramanico (1738-1795) e ispirata ai principi dell'Illuminismo, prevedeva un rilancio degli studi scientifici nell'Isola e la conseguente creazione di cattedre in discipline scientifiche come l'astronomia, le scienze naturali, la medicina. È pertanto da ritenere che, se non fosse improvvisamente sopravvenuta nel 1795 la morte del Principe di Caramanico, causata forse da avvelenamento ad opera dell'aristocrazia locale, ostile alle riforme sociali e fiscali da lui varate, Catania avrebbe avuto il suo osservatorio già alla fine del XVIII secolo. Questo evento, insieme alle vicende politiche che al pari dell'intera Europa interessarono il Regno delle Due Sicilie, bloccarono lo sviluppo del progetto di un osservatorio, auspicato da Gambino, e fecero sì che l'astronomia insegnata a Catania rimanesse puramente teorica, sostanzialmente limitata alla meccanica celeste.[1]

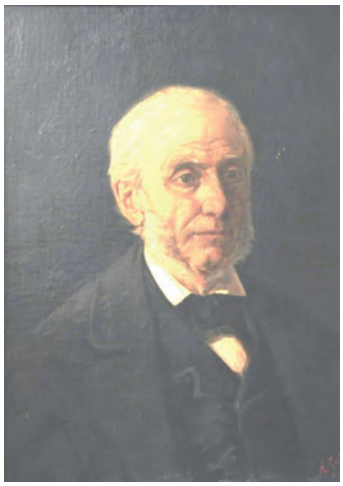


Fig. 2. Ritratto senile di Giuseppe Zurria (Collezione dell'Università di Catania)

L'idea di realizzare un osservatorio fu ripresa alla morte di Gambino, nel 1835, quando la cattedra di astronomia rimase vacante e il principale candidato ad occuparla sembrava essere il giovane e promettente matematico catanese Giuseppe Zurria (1810-1896), (Fig. 2), incaricato della cattedra di matematica sublime.[2] Dopo varie riflessioni, nel 1839, dovendo la *Deputazione della Regia Università* di Catania redigere un

[1] Gambino probabilmente riuscì solo ad acquistare uno strumento dei passaggi, di cui fa menzione Niccolò Cacciatore nella relazione del 1839 (vedi più avanti).
[2] Dizione utilizzata fino all'Unità d'Italia per indicare il calcolo differenziale.

rapporto al Ministro sull'argomento, fu chiesto a Niccolò Cacciatore (1780-1841), successore di Piazzi alla direzione dell'Osservatorio di Palermo, di dare un parere in merito all'opportunità di erigere un osservatorio astronomico in Catania, alla spesa per la sua dotazione e per il personale o all'istituzione di una semplice cattedra di meccanica celeste da assegnare a Giuseppe Zurria. Cacciatore si pronunciò favorevolmente alla costruzione dell'osservatorio, stimò le spese per una dotazione e uno staff minimali, affermò che una cattedra senza osservatorio avrebbe avuto poca efficacia didattica e che Zurria, pur essendo un matematico, avrebbe potuto, in un paio di anni, acquisire la necessaria pratica per l'uso degli strumenti.[3] In questa prospettiva, nel 1840 Zurria si recò a Napoli per esercitarsi nell'astronomia pratica, sotto la guida del matematico Fedele Amante (1794-1851), professore di astronomia e geodesia prima presso il R. Officio Topografico e poi presso il R. Collegio Militare. Ostacoli di natura politica e finanziaria – in particolare, il parere negativo del Ministro dell'Interno del Regno delle Due Sicilie, Nicola Santangelo (1785-1851) (Rapisardi 1902, p. 9), che aveva appena ottenuto il decreto di istituzione dell'Osservatorio Meteorologico Vesuviano da lui fortemente voluto – impedirono la costruzione dell'osservatorio e misero in discussione la sussistenza della stessa cattedra di astronomia, che fu mantenuta col titolo di «Astronomia teoretica» ed affidata a Zurria. Questi, tornato da Napoli e diventato ordinario di calcolo differenziale e integrale nel 1842, sembra averla tenuta in modo saltuario fino al 1861 (Rapisardi 1902, pp. 10-11).

Occorrerà attendere circa quarant'anni perché nel 1876 il progetto di un osservatorio astronomico a Catania prendesse finalmente forma, grazie all'iniziativa ed alle capacità di un astronomo come Pietro Tacchini (1838-1905) (Fig. 3), che con grande acutezza sfrutterà la presenza dell'Etna, una delle risorse geografiche di Catania.

2. La figura determinante di Pietro Tacchini

Tacchini era arrivato all'Osservatorio di Palermo nel 1863 col titolo di Astronomo Aggiunto, ma con il mandato di fare praticamente da Direttore, dato che quello effettivo, Gaetano Cacciatore (1814-1889), si occupava più di politica che di scienza: fervente antiborbonico, era stato allontanato dalla direzione dell'osservatorio negli ultimi anni del regime borbonico e poi reintegrato nelle sue funzioni all'atto dell'Unità d'Italia.

Numerosi appelli si erano levati da parte della classe intellettuale palermitana perché il ministro Michele Amari (1806-1889), pure lui palermitano, intervenisse a sostegno dell'Osservatorio di Palermo, con provvedimenti atti a svilupparne le indiscusse potenzialità (all'epoca l'osservatorio palermitano era dotato di strumentazione di prim'ordine). La soluzione, mediata dal celebre astronomo Giovanni V. Schiaparelli (1835-1910), Direttore dell'Osservatorio di Brera e principale interlocutore del Governo in materia di ricerca astronomica, fu quella di trasferire a

[3] Cfr. minuta della risposta di N. Cacciatore alla lettera inviatagli da Palermo dalla Commissione della Pubblica istruzione ed Educazione in data 3 ottobre 1839 (Archivio INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo, Serie "Corrispondenza Ufficiale", cart. 2, fasc. 12).

Palermo, come Astronomo Aggiunto, il giovane Direttore dell'Osservatorio di Modena, Pietro Tacchini e nominare al suo posto il Direttore di Palermo, Domenico Ragona (1820-1892). Questi era subentrato a Cacciatore nel 1849,[4] dopo la sua rimozione dall'incarico di Direttore, ed era pertanto necessario per lui un onorevole allontanamento, una volta reintegrato Cacciatore nelle funzioni direttoriali.

Fig. 3. Pietro Tacchini (Archivio INAF-Osservatorio Astrofisico di Catania)

Tacchini a Palermo si occupò soprattutto di fisica solare e fu tra i pionieri di questa scienza, nata dall'applicazione delle nuove tecniche spettroscopiche alle osservazioni solari. Sono gli anni che vedono la nascita dell'astrofisica come disciplina scientifica e Tacchini contribuì in modo significativo a questo evento, mediante la fondazione della Società degli Spettroscopisti Italiani nel 1871 (Chinnici 2008a) (Fig. 4). Il suo principale ed esperto partner scientifico, in questa come in altre imprese, fu Angelo Secchi (1818-1878) S.J., direttore dell'Osservatorio del Collegio Romano. Di vent'anni più anziano di Tacchini, con una fama già consolidata, Secchi avviò una proficua collaborazione scientifica col giovane collega di Palermo, specialmente dopo che questi fu in possesso di strumenti spettroscopici (Fig. 5). La loro collaborazione fu agevolata dalla profonda comunanza di vedute sullo sviluppo che l'astrofisica, guardata invece con sospetto dagli astronomi di formazione matematica, avrebbe portato negli studi astronomici. Dal sodalizio umano e scientifico tra Secchi e Tacchini (Chinnici, Gasperini 2013, pp. 17-19) beneficerà, come vedremo, anche il progetto di una stazione astronomica sull'Etna, primo passo verso la creazione di un osservatorio astronomico catanese.

[4] Sembra che la direzione dell'Osservatorio di Palermo fosse stata dapprima offerta a Zurria, che però rifiutò, così come aveva fatto nel 1841, alla morte di Niccolò Cacciatore, quando era stato proposto come Primo Assistente (Rapisardi 1902, pp. 10-11). La probabile ragione di questi rifiuti è da attribuire, da una parte, all'indole stessa di Zurria, restio ad allontanarsi dalla sua Catania, dall'altra, al difficile contesto creatosi in seno all'Osservatorio di Palermo, "colonizzato" dalla famiglia Cacciatore (Chinnici 2011, p. 2).

Fig. 4. Diploma della Società degli Spettroscopisti Italiani
(Archivio INAF-Osservatorio Astronomico di Roma)

3. Osservazioni della corona solare: dubbi e controversie

In quegli anni, un difficile problema per gli studiosi era la comprensione della natura fisico-chimica della corona solare, l'alone luminoso ed esteso che circonda il Sole, visibile solo durante le eclissi totali (Chinnici 2000, pp. 42-44).

L'analisi spettroscopica ne aveva rivelato la natura gassosa, ma le righe di emissione osservate nella debole luce coronale a partire dall'eclisse del 1869, lasciavano molti dubbi sulla loro posizione e, di conseguenza, sull'identificazione degli elementi chimici che le producevano. Inoltre, si era già notato che, da un'eclisse all'altra, la forma della corona cambiava, presentando dei pennacchi allungati in diverse direzioni. Alcuni scienziati attribuivano la spiegazione di questo fenomeno ad effetti ottici prodotti dall'atmosfera terrestre, altri ritenevano che i pennacchi fossero intrinseci alla corona. P. Alessandro Serpieri (1823-1885) sosteneva che i pennacchi coronali sembravano allungarsi in direzione dei pianeti principali del Sistema Solare, e che ciò faceva supporre possibili interazioni di natura elettrica tra il Sole ed i Pianeti.

Quest'ipotesi piaceva molto a Tacchini,[5] il quale sosteneva che:

> […] fra noi e il Sole vi è una comunicazione continua […] di fronte all'Universo Sole e Terra non sono né più né meno che una macchina elettrica e un elettroscopio a piccola distanza nel gabinetto di un professore di fisica (Tacchini 1871a, p. 420).

Ovviamente furono effettuati diversi tentativi per osservare la corona in pieno Sole, al di fuori delle eclissi, e sembravano particolarmente promettenti le osservazioni condotte in alta montagna, dove si riteneva che gli effetti di rifrazione e diffrazione

[5] Tacchini riteneva che anche le protuberanze solari fossero un fenomeno elettrico e, ad esempio, considerava le aurore boreali come un fenomeno di induzione elettrica ad esse collegato (Tacchini 1871b, pp. 75-76).

dovessero essere ridotti dalla purezza e dal minore spessore della massa d'aria attraversata dai raggi luminosi. Una simile idea era venuta anche a Tacchini, il quale nel 1871 aveva indicato l'Etna come sito ideale per le osservazioni coronali, ritenendo che fosse «necessario, per riescire a ciò, di diminuire la luce della nostra atmosfera e di diminuirla di molto, portando cioè gli istrumenti ad una grande elevazione, come sarebbe la cima del nostro monte Etna» (Tacchini 1871b, p. 61). Egli aveva perciò in mente di salire sul vulcano per tentare l'osservazione della corona in pieno Sole.[6]

Nell'intento di raccogliere ulteriori elementi per confermare l'ipotesi di una possibile correlazione tra i cambiamenti di forma della corona e le posizioni dei Pianeti, quell'anno egli aveva tentato più volte di osservare la corona in pieno Sole a Palermo:

> [nelle] mie ordinarie osservazioni in Palermo, non tralasciai di guardare attorno al Sole, procurando di occultarne il disco con un oggetto opaco qualunque, a discreta distanza dall'occhio (Serpieri 1871, p. 571).

I risultati ottenuti con questo metodo, sia pure poco raffinato,[7] erano stati tali da indurlo a pensare che l'ipotesi potesse avere un fondamento; egli riteneva infatti di aver osservato delle variazioni nella posizione dei pennacchi, per cui si rendeva necessario effettuare altre osservazioni: soprattutto, Tacchini voleva tentare di fotografare la corona, in modo da avere immagini oggettive della sua forma.

Fig. 5. Spettroscopio applicato all'equatoriale Merz e utilizzato da Tacchini per osservazioni solari (INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo)

Ne scrisse naturalmente a Secchi[8] e allo stesso Serpieri:

> […] queste osservazioni riescono bene soltanto nelle condizioni di un'aria purissima: ed a me è venuto in mente di fare una gita all'Etna, per verificare se a

[6] Tacchini aveva parlato del progetto ad Angelo Secchi, che si era espresso favorevolmente (Blanco 2006, p. 37).

[7] Questo metodo, in linea di principio, non differisce tuttavia molto da quello dell'eclisse artificiale, su cui si fonderà negli anni Trenta la costruzione del coronografo di Bernand Lyot, considerato il primo strumento in grado di osservare la corona in pieno Sole (Lyot 1939).

[8] Tacchini a Secchi, Palermo, 1 giugno 1871: «[…] mi pare, che la cosa meriti di essere studiata: e per ciò si richiedono condizioni atmosferiche speciali, cioè un'aria purissima: in conseguenza mi pare, che una gita sull'Etna potrebbe tornare utilissima, facendo là su delle fotografie impiegando un'immagine focale piccola, per avere maggiore estensione dell'aureola» (Chinnici, Gasperini 2013, p. 130).

> quella grande altezza, con un'aria pura e la grande diminuzione della luce diffusa, il fenomeno sia sempre e meglio visibile; e avrei intenzione di portare con me un fotografo, per tentare di avere qualche prova fotografica dell'aureola che si vedrà. Nello stesso tempo vorrei verificare se sull'Etna lo spettroscopio possa darci qualche utile risultato, mentre qui nulla ho potuto osservare, ed era facile il prevederlo, perché abbiamo troppa luce (Serpieri 1871, p. 573).

Egli comunicò a Serpieri l'intenzione di chiedere al Governo i fondi per un'apposita missione, cosa che indusse Serpieri a pubblicare la lettera di Tacchini, inviatagli il 12 giugno, sperando che ciò potesse incentivare il Ministro a concedere i fondi:

> […] tutti faremo voti sinceri perché il progetto d'andare ad osservare sull'Etna sia mandato ad effetto. Questo nuovo genere di osservazioni, nato e creato per cura di un astronomo italiano, farà grande onore alla nazione […] (Serpieri 1871, p. 573).

Tacchini, probabilmente incoraggiato da Secchi, il 18 giugno 1871 inviò un rapporto al Ministro della Istruzione Pubblica, Cesare Correnti (1815-1888), per chiedere di finanziare una missione sull'Etna per studiare la corona solare; la richiesta, tuttavia, non ebbe l'esito sperato (Tacchini 1872, p. 581; Tacchini 1876, p. 152). Di lì a poco, diversa sorte ebbe invece, grazie ai buoni uffici di Quintino Sella (1827-1884), ministro delle Finanze e amico di Secchi, la richiesta di fondi per la pubblicazione delle *Memorie* della Società degli Spettroscopisti Italiani, fondata nell'ottobre del 1871 e promossa da Secchi, di cui Tacchini sarà presidente a vita. Il primo numero uscirà nel 1872 e Tacchini, che non aveva dimenticato il proposito di andare sull'Etna, raccomandò a Secchi[9] di caldeggiare anche questo progetto:

> A Sella mandai la prima dispensa [delle Memorie] […] si ricordi anche la nostra gita all'Etna: forse Sella potrebbe ajutarci e si potrebbe fare in Agosto portando il suo [telescopio] Cauchoix; con mille lire credo che tutto si potrebbe fare (Chinnici, Gasperini 2013, p. 187).

Neppure questa volta, tuttavia, Tacchini ottenne i fondi sperati; d'altra parte, era difficile che il Governo, già impegnato a finanziare la pubblicazione delle *Memorie*, potesse concedere altri fondi per un genere di ricerche che non riscontrava molti consensi tra gli altri astronomi (Chinnici 2008a, pp. 393-395, pp. 409-410). Il progetto fu quindi accantonato da Tacchini, in attesa che si presentassero delle circostanze favorevoli.[10]

4. L'Osservatorio "V. Bellini"

Nell'estate del 1872, l'astronomo americano Charles A. Young (1834-1908) aveva effettuato osservazioni solari nei pressi della stazione ferroviaria di Sherman, nel Wyoming, a circa 2500 metri sul livello del mare, confermando quanto fosse opportuno

[9] Tacchini a Secchi, Palermo, 7 marzo 1872.
[10] Tacchini tornò ancora sull'argomento nel giugno dello stesso anno (Tacchini 1872, p. 581).

eseguire osservazioni astronomiche ad alta quota (Young 1872). Tacchini ritenne quindi di avere un ottimo argomento a favore per presentare la proposta di un osservatorio sull'Etna quattro anni dopo, nel 1876, in occasione delle celebrazioni per la traslazione delle ceneri del celebre musicista catanese Vincenzo Bellini (1801-1835) (Fig. 6), quando lo stesso Tacchini fu invitato a tenere una conferenza presso l'Accademia Gioenia di Catania.

Fig. 6. Arco celebrativo per la solenne traslazione delle spoglie di Bellini a Catania (INAF-Archivio Osservatorio Astrofisico di Catania)

In un momento nel quale il Governo post-unitario tentava – senza successo – una riforma degli osservatori astronomici per mettere ordine nella confusa situazione della ricerca astronomica italiana (Poppi, Bònoli, Chinnici 2005), a Tacchini – che tra l'altro di quella riforma era stato il promotore – appariva scontato che non si potesse contare esclusivamente su un supporto finanziario da parte del Governo per erigere un nuovo osservatorio. Molto acutamente, egli comprese che piuttosto, per ottenere qualche finanziamento, si dovessero coinvolgere gli Enti locali e far leva sull'orgoglio cittadino. Allora, quale migliore proposta che costruire una stazione astronomica sull'Etna e intitolarla al grande musicista Bellini?

Come era sua consuetudine, prima di fare la proposta all'Accademia Gioenia, Tacchini non mancò di confrontarsi e consigliarsi con Secchi, al quale scrisse di voler salire sul vulcano per accertarsi personalmente della qualità delle osservazioni.[11] Incoraggiato ancora una volta da Secchi, nel settembre 1876 Tacchini eseguì delle osservazioni solari sull'Etna,[12] che lo convinsero della bontà del progetto; poi, nel corso della conferenza all'Accademia Gioenia, presentò la sua proposta, che suscitò nei catanesi un immediato entusiasmo. Tacchini, subito incaricato di disegnare il progetto

[11] Tacchini a Secchi, Palermo, 1 settembre 1876 (Chinnici, Gasperini 2013, pp. 429-430).

[12] Tacchini effettuò le osservazioni presso la "Casina degli Inglesi", a circa 3000 metri di quota, un rifugio realizzato nel 1804 e utilizzato dai fratelli Mario (1773-1870) e Carlo Gemmellaro (1787-1866) per i loro studi vulcanologici (Cristaldi, Mangano 1995, p. 788). L'edificio fu poi inglobato da Tacchini nella pianta del nuovo osservatorio (Tacchini 1878, p. 20).

(Fig. 7), consapevole delle difficoltà di trasporto per raggiungere l'alta quota e dell'impossibilità di utilizzare la stazione nel periodo invernale, propose di installare sull'Etna un rifrattore di medie dimensioni, lasciando fissa solo la montatura e trasportando il tubo e le parti ottiche solo quando necessario.

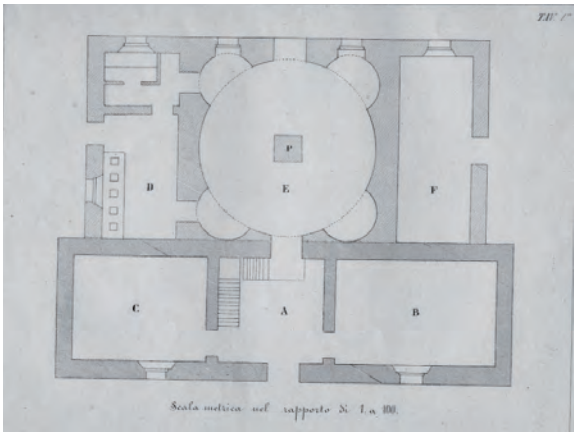


Fig. 7. Pianta dell'Osservatorio Etneo, disegnata da Tacchini (Tacchini 1882)

Anche per la parte finanziaria, con grande abilità, Tacchini sfruttò una fortunata coincidenza: in quegli anni infatti il Ministro di Agricoltura, Industria e Commercio era il catanese Salvatore Majorana Calatabiano (1825-1897), che difficilmente avrebbe rifiutato un contributo del Ministero ad un progetto che coinvolgeva la sua città. Tale contributo, d'altra parte, trovava una sua ragione giustificativa nel fatto che la stazione non sarebbe stata solo astronomica ma anche meteorologica e nel fatto che vi era in quegli anni un intenso dibattito scientifico sugli effetti dell'attività solare sul clima terrestre (Meadows 1972, pp. 127, 285). Tacchini aggiornò quindi Secchi dell'esito positivo della sua iniziativa:[13]

> L'Accademia Gioenia di Catania avendomi invitato a leggere qualche mio lavoro nella seduta del 22 Settembre u[ltimo] s[corso], io pensai bene di ritornare sopra il mio progetto del 1871, cioè di impiantare sull'Etna una stazione astronomico-meteorica. Per meglio discorrere andai prima sul vulcano e portai con me il cannocchiale Dollond e gli spettroscopii: il tempo non fu molto propizio, ma mi permise di fare abbastanza per riconoscere quella vetta come opportunissima a tante delicate ricerche. Ritornato in Catania feci la mia lettura e la mia proposta di costruire lassù una stazione scientifica fu accolta veramente con entusiasmo: dopo quel Sindaco mi incaricò di fare il progetto completo, ciò che eseguii e perciò mi toccò restare a Catania molti giorni: si farebbe lassù una stanza circolare capace di accogliere un cannocchiale di 9 pollici: ma il cannocchiale non resterebbe lassù: invece vi resterebbe la montatura completa e capace di servire a cannocchiali di dimensioni diversi: così che gli astronomi andando lassù non avrebbero che a portare il tubo coll'obiettivo ed oculari. Il Municipio e Provincia di Catania sono

[13] Tacchini a Secchi, Palermo, 12 ottobre 1876.

> disposti alla spesa, ma vi deve concorrere anche il Ministero della P[ubblica] I[struzione] e quello del Commercio per la parte della meteorologia. La stazione è importantissima, perché si può arrivare comodamente lassù in 10 ore ed abbiamo 3000 metri di elevazione. La spesa è anche poca per cui spero che si farà, e lasciai le cose in Catania molto bene avviate (Chinnici, Gasperini 2013, pp. 430-431).

Per consolidare ulteriormente il progetto, Tacchini ricorse all'indiscussa autorità scientifica di Secchi:[14]

> […] se lei mi scrivesse una lettera appositamente encomiando il mio progetto e i catanesi anche più, che lo hanno accolto così favorevolmente, io manderei la di lei lettera al Sindaco di Catania e sono sicuro che produrrebbe ottimo effetto. […] L'Etna credo che sia una cosa eccezionale, perché è un picco isolato in una regione tanto eccellente per clima mentre le altre montagne alte sono sempre legate a sistemi e quindi difficili da salire e di clima poco buono. All'Etna a 3000 metri, si possono fare osservazioni astronomiche per 4 mesi continui e le meteoriche sicuramente anche di continuo. […] Se tutto sarà combinato presto, nel 1877 si potrebbe finire la fabbrica e al 1878 si potrebbero incominciare le esperienze (Chinnici, Gasperini 2013, pp. 431).

Secchi non si sottrasse alla richiesta; il testo della lunga lettera, dai toni volutamente elogiativi, tocca una serie di tematiche scientifiche d'interesse per la nuova stazione che Secchi, acutamente, mette in concorrenza con la stazione francese di Clermont-Ferrand, eretta in quegli anni nel Massiccio Centrale:[15]

> Sento con grande piacere che voi coltivate il progetto di una stazione di osservazione sull'Etna. Voi non potete fare cosa migliore di questa, la natura ha dato a noi italiani questa località che la [sic] credo la migliore di tutte per le osservazioni fisiche di ogni specie di cielo e di terra e non dobbiamo lasciarla inoperosa. Voi saprete che fino da quando nel 1870 fui ad Augusta[16] io restai sorpreso dalla chiarezza del cielo siciliano tanto colà che a Palermo, onde anch'io vagheggiai l'erezione di una stazione temporanea almeno sull'Etna. Credo che non si possa avere stazione più opportuna pel Sole […] Sono persuaso che voi vedreste più di quanto ha visto Young sul monte Sherman […].
> I bravi Catanesi […] sono generosi assai e suppliranno lautamente ai comodi indispensabili del coraggioso soggetto che andrà lassù a passare alcuni mesi. Essi potranno additare con orgoglio la <u>stazione solare Etnea</u>[17] come quelli di Clermont-Ferrand indicano la loro stazione meteorica sul Puy de Dôme che pure sarebbe appena la metà della loro. Giacchè siamo in cercare stazioni alte ed opportune, non si lascino togliere la palma da questi che sono veramente pigmei in confronto. […].
> E notate che la parte meteorologica non sarebbe una cosa di capriccio, ma di grande utilità per la scienza. La stazione resterebbe nel mezzo del Mediterraneo, e per la sua altezza le correnti sarebbero affatto libere dall'influsso delle basse catene che tanto

[14] Tacchini a Secchi, Palermo, 12 ottobre 1876.
[15] Secchi a Tacchini, Roma, 14 ottobre 1876.
[16] Secchi era venuto in Sicilia per osservare l'eclisse totale di sole del 1870 (Chinnici 2008a).
[17] Sottolineato nell'originale.

> le sturbano nei continenti come voi accennate. Potremo conoscere di là quale è nel Mediterraneo il giro de' venti superiori che è tanto poco conosciuto e confrontarlo cogli inferiori: sapremmo fino a che altezza dominino le burrasche secondo le stagioni, potremo sciogliere definitivamente quel curioso problema della variazione diurna del barometro che non è ancora ben capita, e che dicesi rovesciata nelle alte montagne delle Alpi, e potremo conoscere tante cose sulle nubi e la formazione della grandine ecc. ecc. Sicchè la stazione sarebbe utilissima non solo alla astronomia, ma anche alla meteorologia […].
> Quanti bei problemi aspettano la loro soluzione da questo vostro osservatorio: la legge del decremento delle piogge, e della temperatura colle altezze; le correnti diurne di venti o brezze di terra e di mare; le cadute di polveri del deserto africano: quanti problemi di botanica agronomica e scientifica avranno la loro soluzione! […]. La fisica del Vulcano quanto non ne vantaggerebbe mettendovi sismometri ed apparati per lo studio de' moti del suolo? (Chinnici, Gasperini 2013, pp. 433-435).

Tacchini inviò una copia della lettera di Secchi al Sindaco di Catania, Francesco Tenerelli (1839-1899), uno dei principali sostenitori del progetto, certo dell'«ottimo effetto» che avrebbe prodotto; diede quindi a Secchi informazioni più dettagliate sulla costruzione:[18]

> […] il mio progetto è tutto in muratura per la ragione che lassù si trova la lava che si presta benissimo, costa niente ed è eterna: l'interno poi delle stanze si rivestirebbe in legname: i francesi han speso 700 mila lire, ed io ne ho chiesto 47 mila e se le ottengo, le assicuro che si fa tutto e bene: salvo poi a completare a mano a mano la parte di materiale scientifico […] ho molte speranze perché i Catanesi presero la faccenda sul serio […] (Chinnici, Gasperini 2013, p. 436).

Ovviamente, Tacchini non trascurò l'aspetto della strumentazione della nuova stazione, e per questo contattò la celebre ditta tedesca Merz, leader nella costruzione di strumenti ottici:[19]

> Per la specola etnea il Merz ha fatto una generosa offerta, cioè una riduzione nel prezzo del cannocchiale: vedremo se i catanesi sapranno decidersi e presto: io spero di sì: si tratterebbe nientemeno che di un obbjettivo di 12 pollici: pel quale la montatura si farebbe in Italia con grande economia: se l'affare riesce sarà un bel guadagno per l'astronomia pratica in Italia (Chinnici, Gasperini 2013, p. 439).

L'interesse di Tacchini nella realizzazione dell'osservatorio etneo è legato anche al fatto che probabilmente egli cercava un'alternativa all'Osservatorio di Palermo, la cui ubicazione nel centro urbano era ormai diventata del tutto inadatta per eseguire ricerche competitive. D'altra parte, non tutta la comunità astronomica italiana sosteneva questo progetto, come si evince da un'altra lettera di Tacchini a Secchi:[20]

---

[18] Tacchini a Secchi, Palermo, 19 ottobre 1876.
[19] Tacchini a Secchi, Palermo, 3 novembre 1876.
[20] Tacchini a Secchi, Palermo, 3 novembre 1876.

> La di lei lettera sull'osservatorio etneo ha fatto ottimo effetto: tutto procede bene e spero che vi riesciremo, ad onta dei soffioni che per invidia hanno già incominciato a dire che sarebbe una spesa non giustificabile! (Chinnici, Gasperini 2013, p. 439).

Il progetto, comunque, andava avanti. Nell'aprile 1877, Tacchini scriveva con soddisfazione a Secchi:[21]

> Una buona notizia, che lei ha ben diritto di conoscere. Il Consiglio Comunale di Catania ha votata la spesa straordinaria per l'impianto dell'osservatorio etneo, e la spesa ordinaria annua pel relativo mantenimento: i Ministri di Agricoltura e della Pubblica Istruzione hanno fatto altrettanto: così non resta che ad avere il voto del Consiglio provinciale catanese, il quale si riunirà in Luglio per la discussione del suo bilancio generale: è a credersi, che non potrà mostrarsi sfavorevole e così l'opera potrà eseguirsi conforme ai nostri desiderii (Chinnici, Gasperini 2013, p. 448).

È interessante notare che Tacchini usa qui un plurale («nostri desideri») che rivela chiaramente come egli associ Secchi al progetto della stazione etnea, tanto egli considerava determinante il sostegno di quest'ultimo al progetto. Attento com'era alla comunicazione, prepara un'ulteriore mossa, quella di pubblicizzare la realizzazione dell'osservatorio etneo sulle riviste specializzate nazionali ed internazionali:[22]

> Ora attendo gli atti ufficiali dopo di che credo che sarà bene dare qualche pubblicità alla riescita della cosa: i stranieri strombettano tanto per cose da niente, che noi dobbiamo fare altrettanto per le cose serie (Chinnici, Gasperini 2013, p. 448).

Tacchini si diede da fare su questo versante, inviando subito una nota a *Nature* (XV, p. 262), poi riportata anche da *Scientific American* (XXXVI, p. 227). Anche Secchi, da parte sua, non perdeva occasione per caldeggiare il progetto negli importanti trattati che pubblicava in quegli anni (Secchi 1875-1877, I, pp. 367-368; II, pp. 93 e p. 327; Secchi 1877, p. 99 e p. 122), sottolineando che l'Etna ben si prestava non solo alle ricerche solari, ma anche agli studi di spettroscopia stellare e affermando che l'uso di grandi telescopi riflettori avrebbe dato una considerevole quantità di importanti risultati in questo campo «[…] soprattutto se questi strumenti si collochino in siti opportuni, come sarebbe per esempio sull'Etna […] ove l'atmosfera sia veramente pura […]» (Secchi 1877, pp. 99).

Nonostante la buona accoglienza ricevuta dal progetto, la realizzazione dell'osservatorio etneo presentava tuttavia non poche difficoltà, non ultime quelle di tipo burocratico, visto il coinvolgimento di almeno quattro enti concorrenti alla realizzazione. Il decreto di approvazione della convenzione stipulata fra i due Ministeri, il Comune e la Provincia di Catania, infatti, non arrivò che nel febbraio del 1878. Tale ritardo lascia supporre un qualche braccio di ferro tra i vari enti, in particolare probabili – e comprensibili – resistenze da parte del Ministero della Pubblica Istruzione; va infatti notato che la convenzione finale modificò i piani iniziali di Tacchini, poiché la stazione veniva posta alle sole dipendenze del Ministero di Agricoltura e Commercio e

[21] Tacchini a Secchi, Palermo, 19 aprile 1877.
[22] Tacchini a Secchi, Palermo, 19 aprile 1877.

del Consiglio Direttivo della Meteorologia, di cui lo stesso Tacchini faceva parte. Nello stesso mese a Roma si spegneva prematuramente Secchi, che, pur avendo contribuito a sostenere il progetto dell'Osservatorio "Bellini", non riuscì a vederne l'esito finale. La sua morte, tuttavia, apriva la strada per il trasferimento di Tacchini a Roma, che ne raccoglierà l'eredità scientifica negli anni a seguire.

Intanto, nel luglio 1878 le officine Merz ultimavano il rifrattore da 12 pollici, inviandolo a Padova, dove Giuseppe Cavignato (?-1909), meccanico del locale osservatorio, ne avrebbe costruito la montatura sotto la supervisione del direttore Giuseppe Lorenzoni (1843-1914), legato a Tacchini da lunga e profonda amicizia.[23] Poiché lo strumento era di dimensioni più grandi di quelle inizialmente previste, la pianta originaria, disegnata da Tacchini, fu leggermente modificata dagli ingegneri del Genio Civile di Catania. Nell'estate del 1879 si diede inizio ai lavori di costruzione dell'edificio, mentre Tacchini si trasferiva a Roma in qualità di Direttore dell'Ufficio Centrale di Meteorologia e dell'Osservatorio del Collegio Romano; in novembre fu consegnata la cupola, realizzata dalla Fonderia Oretea di Palermo; quindi i lavori, interrotti durante il rigido periodo invernale, furono ripresi e ultimati nel giugno del 1880, con la collocazione della cupola.

5. La sede cittadina nell'ex-convento dei Benedettini

In quello stesso anno, per una felice coincidenza, Francesco Tenerelli, già Sindaco di Catania, fu nominato Segretario Generale del Ministero della Pubblica Istruzione; si verificavano ancora una volta le condizioni favorevoli perché si compisse il passo originariamente auspicato da Tacchini, ovvero che l'osservatorio fosse assegnato all'Università di Catania (Tacchini 1878, p. 20). Tenerelli completò così a Roma ciò che aveva iniziato a Catania. Grazie ai suoi buoni uffici, fu stipulata una convenzione tra i due Ministeri, in modo che la parte meteorologica rimase di competenza del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, mentre quella astronomica (e vulcanologica) venne affidata all'Università.[24]

I termini della convenzione sono riassunti dallo stesso Tacchini che ottenne, di fatto, un doppio risultato, ovvero la realizzazione di una stazione astronomico-meteorologica anche in città:

> L'Osservatorio Bellini […] passerà, non appena compiuto, alla dipendenza della R. Università di Catania, e perciò le spese del personale e la dotazione annua dell'Osservatorio suddetto verranno inscritte nel bilancio della Pubblica Istruzione. Lo stesso Ministero […] si è obbligato a far costruire in Catania una stanza

[23] Tacchini, dopo la laurea in ingegneria, aveva trascorso alcuni anni a Padova per specializzarsi in astronomia, e mantenne sempre ottime relazioni con l'ambiente padovano (Lorenzoni 1905).

[24] Va posta l'attenzione sul fatto che in quegli anni – specificatamente dall'a.a. 1880-1881 al 1886-1887 – era Rettore dell'Università Giuseppe Zurria: è dunque possibile che colui che nel 1839 avrebbe dovuto essere il primo direttore dell'erigenda Specola di Catania abbia favorito l'istituzione dell'osservatorio, finalmente realizzato circa quarant'anni dopo. Tale aspetto merita tuttavia di essere approfondito e, al momento attuale, costituisce solo un'ipotesi di lavoro.

> equatoriale delle dimensioni identiche a quella dell'osservatorio Bellini, nella quale si collocherà la montatura paralattica già pronta, e che servirà […] nei mesi in cui non sarà possibile, o […] assai difficile, di dimorare all'Etna. Il locale fu già da me scelto nell'ex-convento dei Benedettini, ove si impianterà anche la stazione meteorologica, e al Direttore dell'Osservatorio Bellini verrà pure affidata la direzione dell'Osservatorio di Catania, che col primo formerà un'unica istituzione tanto per le osservazioni astronomiche che meteoriche da eseguirsi da Catania fino alla sommità del Vulcano (Tacchini 1885, p. XII).

Nel 1885, i locali dell'ex convento dei Benedettini furono adattati e una cupola fu collocata sul tetto dell'antirefettorio; la sede cittadina fu dotata di un equatoriale Cooke di 15 cm di apertura e di altri validi strumenti, acquistando sempre maggiore rilevanza ed estensione, grazie anche ai padiglioni realizzati nel vicino giardino del convento, assegnato all'osservatorio nel 1889. La stazione etnea, invece, oggettivamente difficile da raggiungere e troppo vicina alle emissioni del cratere centrale, venne progressivamente abbandonata ed utilizzata solo per studi vulcanologici fino al 1971 quando, durante un'eruzione, venne sommersa dalla lava.

6. L'*Osservatorio Astrofisico di Catania*

Nel 1890 l'*Osservatorio di Catania* (Fig. 8) acquisì la denominazione di *Osservatorio Astrofisico*, il primo in Italia ad essere denominato "astrofisico" anziché "astronomico", quasi a voler indicare fin dal nome la natura delle ricerche che si sarebbero svolte, distinguendosi in tal modo dagli osservatori astronomici tradizionali.

Fig. 8. L'Osservatorio Astrofisico di Catania
(Archivio INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo)

L'Italia si metteva così alla pari con le altre nazioni europee dove erano già sorti, rispettivamente in Germania, Francia e Inghilterra, gli osservatori astrofisici di Potsdam nel 1874, di Meudon nel 1875 e di South Kensington nel 1879, con programmi di ricerca nettamente orientati allo studio della fisica solare. Va inoltre segnalato che nel

1890 venne istituita a Catania la prima cattedra di astrofisica, precedendo di quattro anni quella di Berlino, erroneamente considerata dalla storiografia corrente la prima in assoluto (Chinnici 2008a, p. 418). La cattedra catanese fu assegnata (ex art. 69 della Legge Casati) ad Annibale Riccò (1844-1919) (Fig. 9), amico ed erede scientifico dello stesso Tacchini, contestualmente alla direzione dell'Osservatorio Astrofisico di Catania.

Fig. 9. Annibale Riccò (Archivio INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo)

Essendo stato quest'ultimo, fin dalla sua origine, concepito come Osservatorio Astrofisico, può apparire contraddittorio che lo stesso Tacchini, nel 1887, ne proporrà la partecipazione al progetto internazionale della *Carte du Ciel* (Chinnici 1995; Chinnici 1999, pp. 452-460), un progetto sostanzialmente astrometrico, promosso dalla Francia per realizzare una carta ed un catalogo fotografici dell'intera volta celeste. Promuovendo la partecipazione dell'*Osservatorio di Catania* ad un'impresa internazionale, a nome dell'Italia, Tacchini intendeva dare visibilità e prestigio al giovane osservatorio, e sperava forse anche di far convogliare verso di esso nuove risorse, in termini di fondi, strumenti e personale. Di fatto, le difficoltà dell'impresa, oggi considerata prematura per l'epoca, ne rallentarono esasperatamente l'esecuzione e costituirono un pesante fardello per tutti gli osservatori partecipanti (Chinnici 1999, pp. 9-10). Quanto questo considerevole fardello abbia intralciato lo sviluppo dell'astrofisica a Catania e ne abbia pesantemente assorbito le risorse, è un punto che merita ulteriori approfondimenti, e che esula dagli scopi del presente lavoro. Certamente l'osservatorio, dotato di strumentazione di prim'ordine (Blanco 2007), dopo un brillante avvio sotto la direzione di Riccò, conobbe alterne vicende con i suoi successori (Blanco 2005). Per esigenze di brevità, rimandiamo gli approfondimenti alla bibliografia relativa e ricordiamo qui soltanto che nel 1966, sotto la direzione di Mario

Girolamo Fracastoro, venne inaugurata una nuova sede cittadina[25] presso la Città Universitaria e una nuova stazione di osservazione sull'Etna, a Serra La Nave, a quota 1750 m, che in qualche modo ridiedero vita al progetto originale, tornando ad associare ancora una volta l'Etna e le stelle.

Bibliografia

Abetti G. (1955). "Annibale Riccò, l'Accademia Gioenia e l'Osservatorio Astrofisico di Catania". *Bollettino delle sedute dell'Accademia Gioenia*, Serie IV, 3, pp. 13-25.

Blanco C. (2005). *L'Accademia degli astronomi*, in Alberghina M. (a cura di) *L'Accademia Gioenia. 180 anni di cultura scientifica (1824-2004).* Catania: Giuseppe Maimone Editore, pp. 171-177.

Blanco C. (2006). "Tacchini and Astrophysics at Catania". *Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani-Supplementi*, 9, pp. 5-42.

Blanco C. (2007). *L'innovativa strumentazione del Regio Osservatorio Astrofisico di Catania alla fine dell'Ottocento*, in Finocchiaro P., Alberghina M. (a cura di), *Idee, cultura e storia per la Città della Scienza*. Catania: Giuseppe Maimone Editore, pp. 49-55.

Blanco C., Chinnici I. (2005). "Pietro Tacchini e i primordi dell'astrofisica in Sicilia". *Archivio Storico per la Sicilia Orientale*, Fascicolo 1, Saggi (in stampa). [online]. URL: <www3.unict.it/flett/asso/annata05_fascicolo_saggi.html> [data di accesso: 11/05/16]

Chinnici I. (1995). "Il contributo dell'Italia all'impresa della Carte du Ciel". *Giornale di Astronomia*, 3, pp. 11-22.

Chinnici I. (1999). *La Carte du Ciel. Correspondance inédite conservée dans les Archives de l'Observatoire de Paris*. Palermo: Observatoire de Paris & Osservatorio Astronomico di Palermo G.S. Vaiana.

Chinnici I. (2000). "Eclissi totali di Sole 1860-1870. La nascita della Fisica Solare". *Giornale di Astronomia*, 26, pp. 40-45.

Chinnici I. (2006). "Pietro Tacchini (1838-1905), a key-figure in the post-Unitarian Italian astronomy". *Memorie della Società Astronomica Italiana-Supplementi*, 9, pp. 28-34.

Chinnici I. (2008a). "The Società degli Spettroscopisti Italiani. Birth and evolution". *Annals of Science*, 65, pp. 393-438.

Chinnici I. (2008b). *L'eclisse totale di Sole del 1870 in Sicilia. Lettere di Pietro Tacchini a Gaetano Cacciatore*. Palermo: INAF - Osservatorio Astronomico di Palermo.

Chinnici I. (2011). "Personaggi e vicende dell'Osservatorio Astronomico di Palermo attraverso l'Unità d'Italia". *Giornale di Astronomia*, 37, pp. 2-9.

Chinnici I., Gasperini A. (2013). *Alle origini dell'astrofisica italiana. Il carteggio Secchi-Tacchini 1861-1877*. Firenze: Fondazione Ronchi.

[25] La specola ai Benedettini sarà poi dismessa nel 1981 per motivi di stabilità.

Cristaldi S., Mangano A. (1995). "The Astrophysical Observatory and the University Institute of Astronomy in Catania". *Memorie della Società Astronomica Italiana*, 66, pp. 785-794.

Foderà Serio G., Chinnici I. (1997). *L'Osservatorio astronomico di Palermo. La storia, gli strumenti*. Palermo: Flaccovio.

Lorenzoni G. (1904-05). "Pietro Tacchini nei primordi della sua carriera astronomica a Padova". *Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, 64 (1) (serie 8, t. 7, parte 1), pp. 90-95.

Lyot B. (1939). "A study of the solar corona and prominences without eclipses". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 99, pp. 580-594.

Meadows A.J. (1972). *Science and Controversy. A biography of Sir Norman Lockyer*. London: MacMillan.

Poppi F., Bònoli F., Chinnici I. (2005). *Il progetto Tacchini e la riforma degli Osservatori italiani*, in *Cento anni di astronomia in Italia 1860-1960. Convegno […] per il 4° centenario della fondazione dell'Accademia dei Lincei* (Roma, 26-28 marzo 2003). Roma: Bardi Editore, pp. 123-171.

Rapisardi F. (1902). "Memorie biografiche di Giuseppe Zurria". *Atti dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania*, serie IV, 15, Memoria XIV, pp. 1-19.

Reina E. (1839). "Elogio del Professore Francesco Gambini". *Atti dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali di Catania*, 13, pp. 247-250.

Riccò A. (1895). *Il Sole. Discorso pronunciato […] per la solenne inaugurazione degli Studi nella R. Università di Catania*. Catania: Tipografia F. Galati.

Secchi A. (1875-1877). *Le Soleil*, 2 voll. Parigi: Gauthier-Villars.

Secchi A. (1877). *Le stelle. Saggio di astronomia siderale*. Milano: Fratelli Dumolard.

Serpieri A. (1871). "Sulla probabile relazione tra i pennacchi luminosi del sole e la posizioni dei pianeti - Nota seconda". *Rendiconti del Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere,* serie III, IV (1), pp. 568-573.

Tacchini P. (1871a). "Il sole e le aurore boreali osservate a Palermo nell'aprile 1871". *Rivista Sicula*, V, pp. 415-425.

Tacchini P. (1871b). "Fisica solare". *Bullettino Meteorologico del R. Osservatorio di Palermo*, VII, pp. 49-62; pp. 69-78; pp. 85-102; pp. 111-114; pp. 121-133.

Tacchini P. (1872). "Fotografie solari". *Rivista Sicula*, VII, pp. 578-582.

Tacchini P. (1876). "Una gita all'Etna". *Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani*, V, pp. 151-156.

Tacchini P. (1877). "L'Osservatorio dell'Etna". *Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani*, VI, pp. 75-76.

Tacchini P. (1878). "Della convenienza ed utilità di erigere sull'Etna una stazione astronomico-meteorologica". *Atti dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania*, serie III, XII, pp. 7-25.

Tacchini P. (1882). "L'Osservatorio Bellini". *Annali dell'Ufficio Centrale di Meteorologia Italiana*, 2-1880, pp. II-XII.

Tacchini P. (1885). "Osservatorio Bellini". *Annali dell'Ufficio Centrale di Meteorologia Italiana*, 5-1883, Parte I, p. XII.

Young C.A. (1872). "The Sherman astronomical expedition". *Nature*, VII, pp. 107-109.

La biblioteca scientifica di Giuseppe Piazzi (1746-1826) Libri di matematica, fisica e astronomia

Donatella Randazzo - INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo - donata@astropa.inaf.it

Abstract: The scientific library of the famous astronomer Giuseppe Piazzi is herewith presented, with a brief account of its reconstruction, and preliminary data and analysis work on its composition.

Keywords: Giuseppe Piazzi, Science library.

1. Introduzione

Il fondo Piazzi della biblioteca dell'Osservatorio Astronomico di Palermo è l'insieme dei libri appartenuti all'astronomo Giuseppe Piazzi, e dallo stesso lasciati per testamento, nel 1826, all'istituzione fondata da Ferdinando I nel 1790 e della quale egli era stato primo Direttore.

Questo nucleo comprende le pubblicazioni di interesse, formazione e cultura personale dell'astronomo, oltre che quelle necessarie per svolgere le attività accademiche e di ricerca per l'Osservatorio. Queste furono acquisite con fondi propri sino al 1822, anno in cui fu ufficialmente stanziato un capitolo di spesa specifico per l'acquisto di libri e strumenti.

Il fondo è costituito da circa 400 opere di argomento prevalentemente scientifico, che includono periodici, atlanti stellari e mappe geografiche, ma sono presenti anche classici latini, dizionari, enciclopedie, grammatiche, e opere a carattere religioso e filosofico.

La composizione di un fondo librario, inevitabilmente rispecchia gli interessi intellettuali e la profondità del pensiero del soggetto attorno a cui la raccolta ha preso corpo, e può offrire spunti utili a ricostruire anche il suo ambiente culturale. In tal senso, lo spoglio dei ventidue volumi di miscellanee, contenenti una varietà di opuscoli ed estratti donati a Piazzi da colleghi, conoscenti e amici italiani e stranieri, consentirà di mettere in luce degli aspetti relativi all'attività svolta dall'astronomo, non solo a livello istituzionale, ma anche privato. Essi sono infatti anche la testimonianza di una fitta rete di rapporti personali, o semplici contatti intrapresi agli albori della carriera, nel corso dei suoi frequenti spostamenti in Italia,[1] nel periodo di formazione astronomica all'estero,[2] e ancora durante la lunga residenza nel Palazzo Reale di Palermo, e nei cinque anni finali trascorsi a Napoli.

---

[1] A Torino nel 1767, a Roma tra il 1768 e il 1770, a Malta nel 1770, a Ravenna dalla fine del 1773 agli inizi del 1779, poi a Cremona e nel 1780 ancora a Roma (Piazzi 1990, p. 19).

[2] Piazzi fu mandato dalla Deputazione de' Regj Studi presso gli osservatori di Parigi e di Greenwich per «ivi migliorarsi nella pratica delle osservazioni» (Piazzi 1990, p. 20).

È auspicabile che la selezione di materiale librario operata nel presente lavoro, limitata al settore scientifico, possa offrire agli storici delle scienze matematiche, fisiche e astronomiche spunti e informazioni preziose, al fine di consentire una più approfondita ricostruzione degli studi e del lavoro di ricerca svolto da Piazzi.

2. La ricostruzione del fondo

La compilazione dell'elenco di volumi appartenenti al fondo è il risultato di un paziente lavoro di indagine e di ricostruzione, svolto in modo discontinuo e con il supporto di varie persone,[3] e inizialmente reso più complesso dalla assenza, in biblioteca, di un catalogo attendibile.

Grazie ai lavori di riordino dell'archivio storico,[4] svolti quasi contemporaneamente a quelli di ricognizione e catalogazione della biblioteca, è stato possibile rintracciare e utilizzare alcuni documenti, che si sono rivelati determinanti ai fini della ricostruzione del fondo. Tra questi, uno in particolare ha costituito la base per la compilazione dell'elenco di volumi discusso nel presente lavoro.

Intitolato *Catalogo dei Libri dal P. Piazzi lasciati all'Osservatorio*, questo documento è anonimo e privo di datazione. Nelle 18 pagine di cui è composto, esso elenca, in ordine alfabetico di autore, opere delle quali è anche indicato il titolo – o una sua "sintesi" – e la dimensione. Con mano diversa, all'elenco originale sono state aggiunte voci ulteriori, e nel titolo del documento l'originario termine «recati», è stato tagliato e sostituito con la parola «lasciati».

Il successivo lavoro di identificazione delle opere indicate nell'elenco, e la loro catalogazione, ha consentito di appurare che esse furono tutte stampate in data antecedente al 1818, mentre quelle aggiunte in un secondo momento avevano una data di stampa compresa tra il 1818 e il 1826, anno della morte di Piazzi. Questi indizi lasciano presupporre che l'elenco non sia stato stilato alla morte dell'astronomo, come è indicato nel titolo, ma probabilmente nel 1817, quando egli era in procinto di trasferirsi a Napoli. Le voci aggiuntive potrebbero essere state dovute all'aggiornamento dell'elenco effettuato alla sua morte: qualche lieve correzione di mano del nuovo direttore, Niccolò Cacciatore, induce a ritenere che questi potrebbe averlo controllato per documentare ufficialmente i volumi del lascito Piazzi.

È comunque sicuro che le opere riportate non rappresentano l'intera biblioteca dell'astronomo, perché sono assenti dei libri che erano certamente di sua proprietà.[5]

---

[3] La prof. Giorgia Foderà Serio e personale temporaneo che ha prestato lavoro a vario titolo nella biblioteca antica: la dott.ssa Tiziana Meli, la dott.ssa Natalia Scozzola, la sig.ra Marianna Pecorino.

[4] I lavori sono stati intrapresi a partire dal 1999, nell'ambito di *Specola 2000*, Progetto per la valorizzazione e la tutela degli archivi degli osservatori astronomici e astrofisici italiani, finanziato dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali e dal Consorzio Nazionale per l'Astronomia e l'Astrofisica (CNAA).

[5] I *Philosophiae naturalis principia mathematica* di Newton, edito da Thomas Le Seur e François Jacquier, entrambi docenti di Matematica di Piazzi nel collegio teatino di S. Andrea della Valle a Roma, ove soggiornò nel 1767; oppure l'opera del 1820 *Sulla economia delle acque da ristabilirsi nel Regno di Napoli*, di Teodoro Monticelli, Presidente dell'Accademia delle Scienze di Napoli, con dedica manoscritta dell'autore a Piazzi.

È presumibile che il compilatore dell'elenco non fosse pratico di questi testi, visti i numerosi errori in cui è incorso trascrivendo i nomi degli autori, che in moltissimi casi risultano storpiati. Inoltre, la totale assenza dei dati di stampa, che solitamente si rilevano dal frontespizio, fa supporre che molti volumi non siano nemmeno stati aperti, limitandosi a copiare l'indicazione trovata sul dorso.

L'ordinamento delle voci nell'elenco è alfabetico, con inserimento, tra le sequenze, delle seguenti classi: «Anonimo», «Giornali», «Manoscritti», «Memorie di Accademie», «Storie Celesti», «Tavole». È probabile che la compilazione del documento si sia basata su un criterio meramente topografico, per cui l'ordinamento delle opere nell'elenco rispecchi la collocazione che occupavano i volumi sugli scaffali della biblioteca Piazzi.[6]

Si rimanda ad altra pubblicazione in preparazione la descrizione del lavoro, complesso ma affascinante, di ricostruzione dell'intero fondo, nonché il catalogo completo di esso, limitandosi qui invece, come indicato nel titolo, alla presentazione del risultato parziale di tale lavoro, in particolare delle opere scientifiche appartenute all'astronomo Piazzi, aventi per argomento la fisica, la matematica e l'astronomia.

3. Estrapolazione dei volumi di matematica, fisica e astronomia (MFA) dal fondo

Il presente articolo doveva originariamente elencare soltanto i libri di fisica del fondo Piazzi. Al momento della estrapolazione di tali opere, però, è sorta la difficoltà di distinguerle da quelle di matematica e di astronomia, materie strettamente associate alla fisica.

Mentre identificare il soggetto principale di un'opera corrente è un lavoro relativamente facile, grazie anche al concorso di strumenti semantici ufficiali quali *keywords* o codici di classificazione apposti dalle agenzie di catalogazione nazionale, per le opere antiche si tratta di una procedura più complessa, e non a caso, essa viene raramente effettuata da chi cataloga un fondo. Una delle ragioni, forse la principale, è il fatto che i contenuti delle varie discipline nel corso del tempo, con il progresso del sapere, sono mutati, per cui essi difficilmente trovano un corrispettivo negli schemi concettuali delle classificazioni moderne.

Certamente la matematica, la fisica e l'astronomia del periodo storico a cavallo tra il XVIII e XIX secolo, avevano un significato e una estensione diversa da quelle che intendiamo oggi, e la conferma, oltre che una misura, di tale estensione è stata resa possibile dalla consultazione dell'opera dell'erudito Giovanni Andrés S.J. (1740-1817), *Dell'origine, progressi e stato attuale d'ogni letteratura*, stampata a Parma nel 1790,[7] contemporanea quindi alla fondazione dell'Osservatorio di Palermo.

Nello schema di Andrés, che riflette la suddivisione dello scibile del periodo, la Fisica e la Matematica rappresentavano le due categorie principali della classe di

[6] Con questa dizione si intende una stanza interamente allestita a biblioteca, le cui pareti sono ricoperte da scaffalatura di legno, con palchetti ad altezze diverse, che Piazzi fece costruire quando sorse l'Osservatorio.

[7] Avendo riscontrato un notevole successo in tutta Europa, l'opera fu più volte ristampata in Italia, tradotta in spagnolo per intero e parzialmente in francese (Batllori 1961).

Scienze Naturali.[8] In particolare, oltre che aritmetica, algebra e geometria, afferivano alle matematiche anche meccanica, idrostatica, nautica, acustica, ottica e astronomia, tutte materie oggi facenti parte dei corsi di studi in fisica. Alla fine del XVIII secolo, invece, ricadevano pure all'interno della fisica soggetti quali chimica, botanica, storia naturale, anatomia e medicina.

Le opere di fisica, astronomia e matematica si confermavano dunque essere un complesso inestricabile, e pertanto non ne è stata neppure tentata una ripartizione, mentre non sono stati inclusi i volumi riferibili alle attuali scienze naturali, più facilmente identificabili.

4. Analisi dei volumi MFA

Il fondo Piazzi comprende circa 780 titoli di opere, tra monografie, periodici, e opuscoli legati in miscellanee. Esso si caratterizza prevedibilmente per la sua forte specializzazione nelle scienze (Tab. 1), come vedremo in dettaglio. Per ragioni di omogeneità, dalla presente analisi sono state escluse le opere che avevano lo stesso Piazzi come autore.

	Fondo intero	Volumi MFA	Perc. estrapolata (%)
1. Monografie	399	263	65,9
2. Seriali: n. testate	46	33	71,7
3. Opuscoli legati in miscellanee	333	122	36,6

Tab. 1. Consistenza del fondo ed estrapolazioni dei volumi MFA

4.1. Monografie

Le monografie relative alle materie scientifiche costituiscono il nucleo principale del fondo, rappresentando circa i due terzi delle opere totali. Quarantuno di queste opere trattano di applicazioni della scienza, tecnologia e strumenti scientifici. Se sotto l'egida di «Scienze» si includono anche le opere di chimica, medicina e scienze naturali, per seguire i criteri indicati da Andrés, il materiale scientifico supera il 70% dell'intero fondo.

4.2. Periodici e pubblicazioni seriali

I seriali, suddivisi nelle quattro tipologie di Effemeridi, Osservazioni, Giornali e Atti di accademie presentano un totale di 46 testate. Il 71% estrapolato include effemeridi e osservazioni, cioè materiale seriale strettamente collegato alle discipline astronomiche e

[8] Le altre due categorie erano le Belle lettere e le Scienze ecclesiastiche.

loro parte integrante. In assenza di un lavoro di spoglio degli articoli contenuti nei giornali e nelle memorie accademiche, dai quali potere separare il materiale MFA, tali tipologie di seriali sono state considerate di argomento generico, e pertanto non incluse nella presente analisi.

4.3. Miscellanee

L'opera di spoglio è stata invece effettuata per i ventidue volumi di miscellanee appartenenti all'astronomo: tutto quanto ricadesse tra le tre discipline selezionate, o afferisse alle scienze applicate, è stato incorporato nell'elenco. È interessante notare come gli opuscoli scientifici MFA siano in una percentuale di molto inferiore rispetto alle monografie estrapolate dal fondo, prova questa che il suo giro di relazioni era esteso ben oltre l'ambiente scientifico, dal momento che esse derivano soprattutto da donazioni da parte degli autori.

4.4 Risultato delle analisi

L'esame delle opere dal punto di vista della lingua (Tab. 2), indica come la maggioranza dei volumi sia in italiano, sebbene il numero di opere in francese non si discosti di molto da quelle in italiano. Piazzi aveva soggiornato in Francia, parlava e scriveva correntemente il francese, e rimase sempre in contatto epistolare con astronomi francesi quali Jérôme de Lalande (1732-1807) o Jean-Baptiste Delambre (1749-1822) i quali erano soliti inviargli direttamente le loro pubblicazioni.

	N. di opere	Percentuale (%)
4. Italiano	122	31,6
5. Francese	102	26,4
6. Latino	88	22,8
7. Inglese	57	15
8. Tedesco	14	3,7
9. Altre (Spagnolo: 1, Arabo-Latino: 1)	2	0,5

Tab. 2. Opere scientifiche di G. Piazzi: analisi per lingua

La minore percentuale delle opere in latino, di cui la maggior parte pubblicata nel XVIII secolo, indica come esso già agli inizi del XIX secolo avesse perso il suo ruolo di lingua franca, e che gli scienziati preferissero pubblicare per lo più nella loro lingua di origine. Il crescente ricorso agli atti delle accademie come mezzo di diffusione della cultura scientifica, certamente contribuì a privilegiare la lingua del paese dell'accademia, mentre il latino veniva lentamente abbandonato. Piazzi lo utilizzò per la prefazione delle sue prime opere, mentre le stesse prime osservazioni di Cerere furono pubblicate in italiano

(Piazzi 1802). Il numero di opere in inglese non è elevato, per lo più si tratta di opuscoli correlati con il suo soggiorno in Inghilterra.[9] L'astronomo era certamente in grado di leggere la lingua inglese, mentre il numero davvero ridotto di opere in tedesco conferma come egli non avesse molta dimestichezza con questa lingua.

Nella Tab. 3 sono elencate le opere per luogo di stampa. Si può notare come luogo di pubblicazione in Italia e opere in lingua italiana non coincidano, probabilmente perché ancora in molti territori italiani si stampavano opere in latino.

	N. di opere	Percentuale (%)
1. Italia (Napoli 34, Milano 20, Roma 20, Palermo 14, Firenze 13, Venezia 9, Modena 9, Pavia 8, Padova 5, altre città 28)	163	42,3
2. Francia (Parigi 86, Avignone 4, altre 8)	98	25,4
3. Gran Bretagna (Londra 57, Cambridge 5, altre 2, s.l. 1)	65	16,8
4. Germania (Berlino 12, Gotha 6, Francoforte 4, altre 6)	28	7,3
5. Austria (Vienna 7, Innsbruck 4)	11	2,8
6. Altro luogo (Olanda 7, Svizzera 3, Danimarca 2, Cecoslovacchia 1, India 1, Spagna 1)	15	3,9
7. Sine loco (probabilmente in Italia)	5	1,3

Tab. 3. Opere scientifiche di G. Piazzi: analisi per luogo di pubblicazione

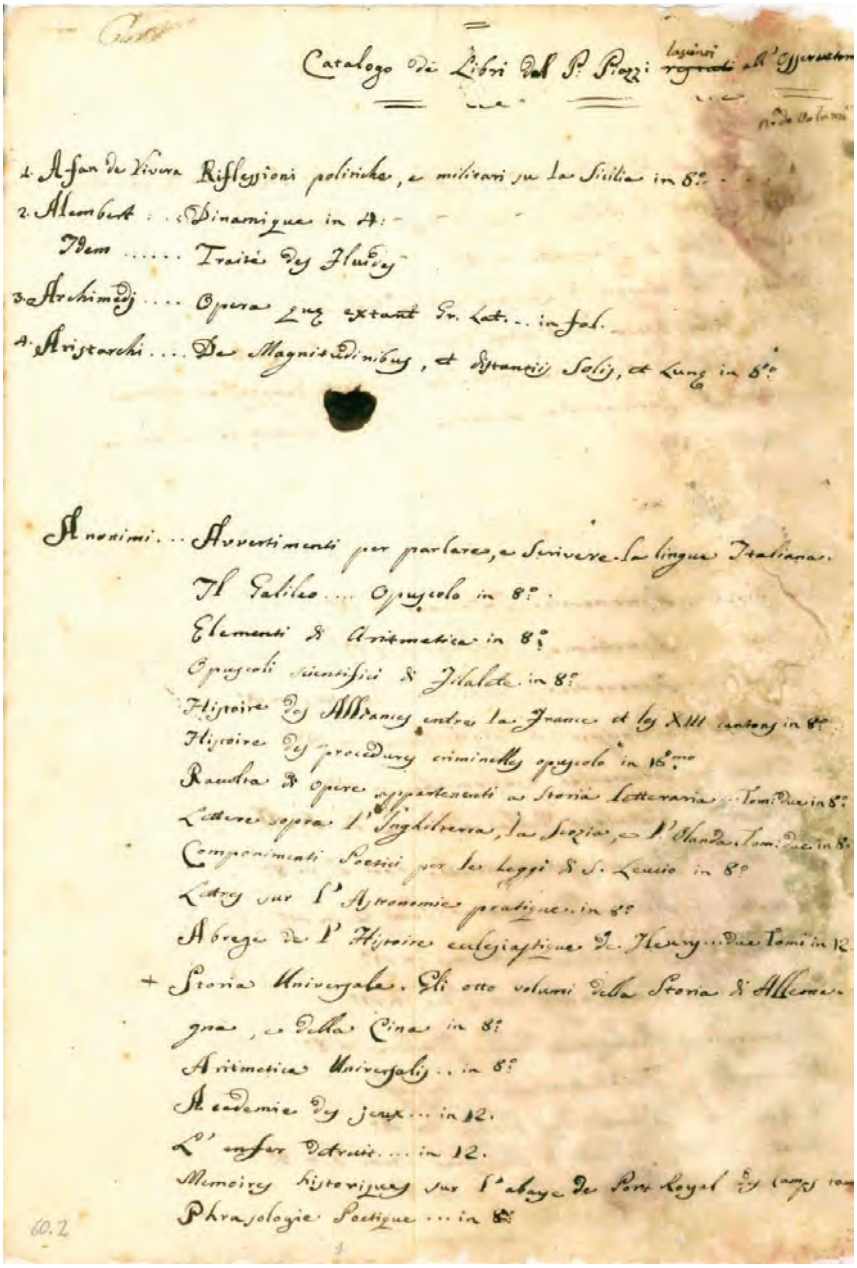
I volumi esteri sono pubblicati quasi esclusivamente nelle capitali, sedi di prestigiose accademie e osservatori, a conferma dell'importanza acquisita da queste città anche in campo scientifico, oltre che, naturalmente, della presenza di un maggiore numero di tipografie. Ciò vale anche per Napoli, capitale del Regno delle Due Sicilie.

	N. di opere	Percentuale (%)
XVI secolo	11	2,6
XVII secolo	23	6
XVIII secolo	222	58,8
XIX secolo	124	31
Sine data (tra XVIII e XIX) e mss.	5	1,3

Tab. 4. Opere scientifiche di G. Piazzi: analisi per data di stampa

Infine, la tabella 4 suddivide le opere per secolo di stampa; da essa risulta che la biblioteca scientifica di Piazzi non solo era estesa cronologicamente, ma anche aggiornata.

[9] Piazzi trascorse in Inghilterra circa due anni, dal 1787-1788 al 1789, per impratichirsi dell'astronomia pratica, e per acquistare per l'Osservatorio la più avanzata strumentazione disponibile in quel periodo.



Catalogo de Libri del P. Piazzi: lasciati all'Osservatorio

1. Afan de Rivera Riflessioni politiche, e militari su la Sicilia in 8.°
2. Alembert ... Dinamique in 4.
Idem ..... Traité des Fluides
3. Archimedij .... Opera quæ extant Gr. Lat. .. in fol.
4. Aristarchi .... De Magnitudinibus, et distantiis Solis, et Lunæ in 8.°

Anonimi ... Avvertimenti per parlare, e scrivere la lingua Italiana.
Il Galileo .... Opuscolo in 8.°
Elementi di Aritmetica in 8.°
Opuscoli scientifici di Filalete in 8.°
Histoire des Alliances entre la France et les XIII cantons in 8.°
Histoire des procedures criminelles opuscolo in 16.mo
Raudia di opere appartenenti a Storia Letteraria .. Tom. Due in 8.°
Lettere sopra l'Inghilterra, la Sezia, e l'Olanda. Tom. Due in 8.°
Componimenti Poetici per le Leggi di S. Lucio in 8.°
Lettre sur l'Astronomie pratique .. in 8.°
Abregé de l'Histoire ecclesiastique de Henry ... Due Tomi in 12
+ Storia Universale. Gli otto volumi della Storia di Allemagna, e della Cina in 8.°
Aritmetica Universale .. in 8.°
Accademie des jeux ... in 12.
L'enfer Detruit. ... in 12.
Memoires historiques sur l'abaye de Port Royal des Champs tom
Phraseologie Poetique ... in 8.°

60.2

Fig. 1. Pagina iniziale del manoscritto con l'elenco dei libri appartenuti a Giuseppe Piazzi

5. Metodologia descrittiva delle opere ed elenco

La descrizione delle opere in forma abbreviata si deve prevalentemente al tentativo di non ritardare ulteriormente i tempi di stampa per presentare schede catalografiche complete. D'altra parte, la forma adottata si avvicina a quella della stesura originale del documento archivistico, alla quale sono stati aggiunti il luogo e la data di stampa, per consentire l'identificazione dell'opera.

In corsivo, con un carattere di un punto più piccolo rispetto alle opere dell'elenco, sono state inserite le descrizioni degli opuscoli legati nelle miscellanee. In verde sono invece indicate le opere oggi, purtroppo, smarrite. Sono indicate con un asterisco vicino alla data di stampa, quei volumi che nell'elenco originale occupavano una posizione diversa, a causa di errori nell'iniziale del nome dell'autore, o sulla sbagliata attribuzione di autore all'editore o traduttore, o ancora per il mancato inserimento dell'opera in una delle classi apposite.

Il ricorso a una pagina web per presentare l'elenco è motivato dalla mancanza di spazio nel volume a stampa, ma la soluzione adottata ha il vantaggio di consentire le correzioni e gli aggiornamenti derivanti da ulteriori studi del fondo. La pagina, disponibile all'indirizzo URL: <http://www.astropa.unipa.it/biblioteca/Piazzi/FondoPiazzi.html>, mostra l'avviso «Lavori in corso», per indicare la sua temporaneità, in un percorso ideale che conduce alla trasformazione dell'elenco in un vero e proprio catalogo, comprensivo di tutti i campi e delle note sugli esemplari. In tale ottica il presente testo, che funge da breve introduzione all'elenco, rappresenta solo la fotografia scattata al dicembre 2014.

L'obiettivo da conseguire nel tempo è riuscire a pubblicare, in una forma più completa e definitiva, il catalogo dell'intero Fondo Piazzi.

Bibliografia

Andrés G. (1821-1823). *Dell'origine, progressi e stato attuale d'ogni letteratura*. 4 voll. Parma: Dalla Stamperia Reale.

Batllori M. (1961). *Andrés Giovanni*, *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 3. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana. [online] URL: <http://www.treccani.it/enciclopedia/giovanni-andres (Dizionario-Biografico)/> [data di accesso 08/07/2016].

Catalogo dei Libri di P. Piazzi lasciati all'Osservatorio. Serie VI: Inventari ed elenchi di libri, strumenti e oggetti, Cart. 60, fasc. 2, Archivio dell'INAF - Osservatorio Astronomico di Palermo.

Foderà Serio G., Randazzo D. (1998). *The origin of the Palermo Astronomical Library. Giuseppe Piazzi's (1746-1826) books*, in Grothkopf U. et al. (ed.), *Proceedings of the Library and Information Service in Astronomy III (LISA III) Conference*, published in the Astronomical Society of the Pacific Conference Series n. 153, p. 283.

Harrison J. (1978). *The library of Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press.

Piazzi G. (1802). *Della scoperta del nuovo pianeta Cerere Ferdinandea ottavo tra i primarj del nostro sistema solare*. Palermo: Stamperia Reale.

Piazzi G., Foderà Serio G. (1990) (a cura di). *Sulle vicende dell'Astronomia in Sicilia*. Palermo: Sellerio Editore.

L'evoluzione dei sistemi orari nelle Meridiane a camera oscura di Sicilia

Maria Luisa Tuscano - Associata INAF - mltuscano@libero.it

Abstract: The nineteenth century was a witness to the gradual shift in Italy from the Italian system time to the European time and lastly to the mean time. The adoption of the mean time was, however, related to the history of unification of the Italian State.
In Sicily, between the beginning of the nineteenth century and early twentieth century, eight meridian lines (dark room type) were built, whose history, recounted in a synthetic reading, is a peculiar expression of social conditions in Sicily, in relation to the national and international context. The stories of these scientific devices also point out that the measure of time was closely linked to cartographic problems of that period, also involving economic and political aspects.
Giuseppe Piazzi, thanks to his European experience and using great foresight, had opened the correct route since 1801, planning a meridian line for the Cathedral of Palermo. His initiative was emulated by other astronomers and mathematicians (A.M. Jaci, W. Sartorius, C. Peters, T. Zona, M. Bonfiglio) and industrious scholars (A. Perini, N. Perroni Basquez), who in different ways planned other monumental sundials, in the cities of Messina (1804), Catania (1841), Acireale (1843), Castroreale (1854), Castiglione etneo (1882), Modica (1895) and Caltanissetta (1913).
This paper aims to outline the framework of these events, closely related to the design and construction of these instruments of Time, even with the intention of keeping high the attention on the importance of their safeguard and, in the case of two meridian lines no longer observable, of their potential recovery.

Keywords: Sicily, Time measurements, Gnomonics, Sundials, Mean time.

1. Introduzione

Nel corso del XIX secolo e nel ventennio successivo furono realizzate in Sicilia otto meridiane a camera oscura di tipo monumentale. Sei di esse sono ancora normalmente osservabili nel loro funzionamento, due, purtroppo, non sono più visibili ed il loro studio è pertanto demandato alla consultazione dei loro antichi disegni.

Sarebbe imprudente affermare che queste meridiane siano state le prime ad essere costruite in Sicilia perché esistono segnali di precedenti strumenti similari. In particolare nel racconto biografico di Archimede si legge che egli avrebbe costruito una meridiana di

questo tipo nel tempio di Minerva a Siracusa, attualmente in parte inglobato nella struttura muraria del Duomo, per individuare il giorno dell'equinozio di primavera.

Queste citazioni non sono, però, adeguatamente documentate sul piano storico per essere attualmente oggetto di trattazione.

Non si può, inoltre, non evidenziare che in alcuni studi sugli edifici normanni sono stati verificati peculiari orientamenti compatibili con un utilizzo orario e calendariale. In questo contributo si ritiene, tuttavia, di concentrare la trattazione alle otto meridiane in questione per una lettura dell'iter evolutivo dei sistemi orari in Sicilia.

2. La misura del Tempo in Sicilia all'entrata del XIX secolo

Gli antichi orologi solari realizzati in Sicilia, talvolta in serie per i quattro sistemi orari, giudaico, italiano, babilonese ed astronomico, testimoniano competenze scientifiche aperte alle diverse soluzioni. I trattati di gnomonica, sia proiettiva che analitica, in cui erano dibattuti i diversi modi di computare il tempo, confermano che autorevoli matematici-astronomi si erano occupati della materia anteriormente al XIX secolo. Tra questi basti citare Maurolico, Carafa, Ventimiglia, Bonhomo, Castrone.

Nell'uso comune, tuttavia, il computo orario praticato in Sicilia era quello all'italiana, che numerava le 24 ore, uguali per durata, a partire dal tramonto.[1] Essendo la definizione del periodo crepuscolare oggetto di diatribe legate sia al fenomeno fisico sia al contesto sociale,[2] si pervenne ad un compromesso ragionevole che stabiliva la conclusione del giorno 30 minuti dopo il tramonto del Sole, consentendo l'annuncio con il suono delle campane dell'Ave Maria. Adottata nella regione italica come *Ora da campanile*, questa convenzione in Sicilia divenne l'*Ora italica civile*.[3]

Delle dominazioni che nel corso del Settecento avevano segnato il territorio siciliano con le proprie consuetudini sociali, quella spagnola, in particolare, aveva tentato di introdurre una riforma oraria dotando Palermo di tre orologi da torre con mostra all'europea.[4] Ai palermitani l'ora alla spagnola era, però, tanto sgradita quanto lo erano i suoi promotori, così il passaggio di consegne agli Austriaci prima e ai Borboni dopo non lasciò traccia alcuna di questa usanza e i tre orologi furono dotati di quadrante all'italiana.

Questa convenzione, consona ai ritmi di vita locale, non fu più adeguata alle nuove esigenze della collettività per intraprendere viaggi a più ampio raggio perché comportava adeguamenti agli orari dei luoghi raggiunti sia con spostamenti in latitudine che in longitudine. Il tempo astronomico, o all'europea, riferendo il computo orario al

[1] Secondo Angelo Secchi esso derivava dall'antico computo del giorno civile romano perché manteneva il riferimento al ciclo della luce senza assimilarne, tuttavia, la ripartizione in arco diurno e notturno che determina la variabilità dell'ora nel corso dell'anno.

[2] Nel contesto palermitano ebbero ampia eco le obiezioni portate dal matematico Gabriello Bonhomo al calcolo dei periodi crepuscolari pubblicati nel 1753 da Cosimo Agnetta, architetto regio.

[3] Si osserva che in questo modo il giorno assumeva nell'ultima mezz'ora una connotazione convenzionale anticipando in un certo senso le riforme future.

[4] Gli orologi furono realizzati nel Palazzo reale, nella Chiesa di S. Antonio la cui campana era deputata a fornire l'orario alla città e a Palazzo Chiaramonte, sede del Tribunale del santo Uffizio. Quest'ultimo orologio era particolarmente imponente ma dotato di una macabra cornice: i teschi dei condannati a morte erano murati attorno allo strumento come terribile monito alla popolazione.

meridiano, limitava questi adeguamenti solo alle variazioni di longitudine e per tale motivo esso era stato introdotto nel corso del Settecento nei diversi Stati italici. Era ormai improrogabile adeguare anche la Sicilia a modalità più attuali della misura del Tempo.[5]

3. Il progetto lungimirante di Giuseppe Piazzi

Nel 1798 Giuseppe Piazzi, direttore e fondatore della Specola di Palermo, dava alle stampe l'opuscolo *Dell'orologio italiano, ed europeo*. Ufficialmente la pubblicazione aveva l'obiettivo di sostenere l'impianto di un orologio meccanico con mostra all'europea sulla facciata del Palazzo reale di Palermo ma in realtà essa può considerarsi un documento programmatico del progetto a lunga gittata dell'Astronomo per quanto concerne la misura del tempo.

Fig. 1. Giuseppe Piazzi

Le riforme sociali intraprese in quegli anni dal Senato di Palermo richiedevano, tra l'altro, adeguamenti agli indirizzi della comunità scientifica internazionale. In campo orario l'Europa si apriva all'applicazione del tempo medio al sistema astronomico, già in adozione nei diversi stati. Di questo era consapevole l'Astronomo che, avendo soggiornato nel corso di tre anni (1787-1789) in Inghilterra e in Francia, manteneva una vivace corrispondenza con i colleghi d'oltralpe ed in particolare con Jerome de La Lande. Piazzi decise perciò di promuovere l'adozione del sistema all'europea e del tempo medio attraverso due scelte strategiche, la realizzazione di un orologio con mostra all'europea nel Palazzo reale e di una meridiana a camera oscura nel Duomo di Palermo.[6]

---

[5] In tutta Italia, e non solo, vi furono schieramenti a difesa dei due sistemi orari: se pur inadatto alle nuove esigenze, il tempo all'italiana manteneva, infatti, una naturalezza indiscutibile, essendo, tra l'altro, esente dalla correzione dell'equazione del tempo, richiesta invece dall'altro sistema.

[6] Il momento era propizio perché il restauro in atto nella basilica comportava anche il rifacimento del pavimento. In quegli anni, inoltre, era arcivescovo di Palermo Filippo Lopez Y Roio, già docente di teologia dell'astronomo durante gli studi a Roma nella casa teatina di S. Andrea della Valle, circostanza che risultava favorevole per un buon dialogo tra i due religiosi.

Nell'opuscolo Piazzi introduce il discorso rinviando all'antico orologio fatto costruire nel 1142 da Re Ruggero, di cui una lapide trilingue nel cortile del palazzo reale tramanda memoria, e privilegiando, tra tutte l'ipotesi formulate precedentemente, quella dell'orologio meccanico; un modo questo di invocare una antesignana tradizione siciliana nell'ambito dell'orologeria meccanica e quindi del tempo medio. Egli analizza, poi, con dovizia di dettagli tecnici i due sistemi orari, l'italiano e l'europeo, individuando tre linee di sviluppo del discorso: la peculiare struttura di ciascun sistema, i rispettivi vantaggi e difetti, infine, l'uso del tempo medio per il migliore regolamento dell'europeo.

Per sostenere l'adozione del tempo medio, l'Astronomo evidenzia il vantaggio precipuo del sistema europeo richiesto per la sua applicazione: la determinazione più agevole del transito solare al meridiano, ormai praticabile con grande precisione a Palermo grazie all'ottima strumentazione realizzata dal celebre Ramsden per il nuovo Osservatorio. Transito che, ad uso della cittadinanza, sarà verificabile anche sulla meridiana a camera oscura in progetto per il Duomo di Palermo. Tutto ciò dovrà, a suo consiglio, attuarsi per gradi nel rispetto della diversità di adattamento alle nuove regole sulla misura del tempo. Nella parte conclusiva, infine, Piazzi esplicita il progetto di allineare la Sicilia ai ritmi orari inglesi e ginevrini, dando, inoltre, ulteriore testimonianza di una volontà programmatica pluridirezionale in grado di combinare le diverse potenzialità della nuova Specola. La meridiana entrerebbe, infatti, in un quadro più ampio d'indagine ai fini topografici per la misura dell'arco di meridiano tra Palermo e Siculiana.[7]

> […] Essa ha ben intesi questi vantaggi la nazione più colta, più istruita, più doviziosa, che abbia l'Europa, l'Inghilterra. Già da più di mezzo secolo presso di lei non gli orologi solamente de' particolari, ma quegli stessi destinati a pubblico servigio sono regolati sul tempo medio. Delle altre nazioni sino al dì d'oggi, la sola città di Ginevra ha imitato un sì bello esempio […] Questo metodo istesso sarà praticato nel regolamento del nuovo orologio di questo Reale Palazzo.
>
> […] Così Palermo che nel giro di pochi anni si è veduta arricchita di un'Accademia, di un teatro anatomico, di un orto botanico, di una biblioteca, di una specola astronomica, che condotto a fine il pavimento della metropolitana, vedrà a di lei fregio, e pubblico comodo, su di esso tracciata una splendida meridiana, durevole e prezioso monumento della ben avveduta munificenza del nostro amabilissimo pastore Mons. Lopez che, mercé la particolare assistenza, con cui la regia deputazione di questi studi favorisce gli avanzamenti dell'astronomia, avrà la misura dell'arco di meridiano, che giace tra Monte Pellegrino, e Siculiana, potrà vantare tra suoi pregi ancora di essere stata la prima fra le città dell'Italia, ad adottare il miglior sistema pel regolamento degli orologi (Piazzi 1798, pp. 69-72).

La prudenza e la cura con cui l'Astronomo affrontò le fasi operative della realizzazione della meridiana sono deducibili dai riferimenti presenti nella corrispondenza che egli

[7] Sull'impegno di Piazzi per la carta geografica di Sicilia, cfr. Giuffrida (1973).

intrattenne con gli astronomi di Brera, a cui chiedeva consigli ed opinioni.[8] Piazzi non poteva, tuttavia, prevedere che l'entrata del 1801 gli avrebbe riservato la scoperta del primo pianetino (poi denominato Cerere Ferdinandea) e che le sue condizioni di salute nei mesi successivi sarebbero state molto precarie obbligandolo a ridimensionare le sue attività in itinere. La meridiana della Cattedrale resterà, pertanto, testimonianza soltanto del sistema all'europea, senza l'auspicata apertura al tempo medio.

La progettualità moderna e dinamica di Piazzi non poté ovviamente includere nemmeno l'ulteriore evoluzione del tempo medio in tempo convenzionale, prima nazionale e poi del fuso orario, che si verificò dopo la sua morte.

Figg. 2-3. La Meridiana della Cattedrale di Palermo

4. Le otto perle della Gnomonica siciliana

La meridiana di Giuseppe Piazzi fu inaugurata il 4 giugno 1801 per la festa del Corpus Domini; con un foro gnomonico a 11,776 m di altezza praticato in una cupola della navata laterale, si sviluppò nel transetto per 18,726 m tra i due punti solstiziali. A seguire ne furono realizzate altre sei, a Messina, Catania, Acireale, Castroreale, Castiglione di Sicilia, Modica e, all'inizio del XX secolo ancora un'altra a Caltanissetta.

Di esse, due adottarono il tempo all'italiana, due si allinearono con quella di Palermo utilizzando il tempo europeo, tre, infine, furono progettate per il tempo medio, ciascuna interpretandolo secondo le norme degli anni di realizzazione.

A parte quella di Caltanissetta, realizzata in un Istituto scolastico, furono tutte costruite all'interno di chiese. La loro grandezza, e pertanto la loro finezza di dettaglio, fu determinata dalle dimensioni e dall'orientamento degli edifici. Le chiese di Sicilia, secondo la tradizione normanna e quella benedettina, hanno l'asse longitudinale diretto mediamente da oriente verso occidente, orientamento che obbligò i progettisti delle

[8] Questo carteggio è stato oggetto di analisi a tal fine, unitamente alla descrizione della meridiana lasciata da Nicolò Cacciatore, assistente di Piazzi, nell'ambito degli studi di Storia dell'Astronomia dell'Osservatorio di Palermo condotti da Giorgia Foderà Serio (Foderà Serio 1990). Questa ricerca ha, tra l'altro, il grande merito di avere promosso nel secolo scorso nuovo interesse per la tradizione gnomonica siciliana.

meridiane in questione a costruirle trasversalmente alla navata principale, sfruttando talvolta il transetto poco congeniale con le celebrazioni liturgiche.

La meridiana realizzata a Messina nel 1804 all'interno del Duomo normanno su progetto di Antonio Maria Jaci, potrebbe, in prima battuta, sembrare non allineata con le innovazioni proposte da Piazzi per la misura del tempo, considerato che ai suoi lati il mezzogiorno era indicato secondo i diversi valori del sistema all'italiana.

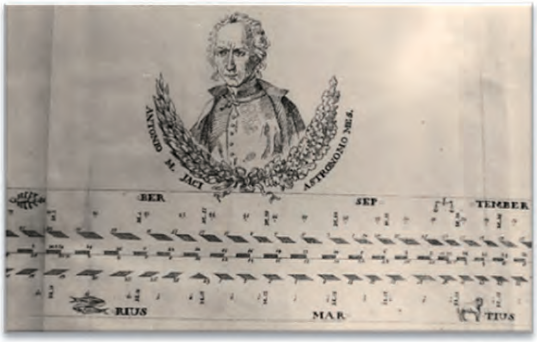


Fig. 4. Meridiana di Messina con ritratto di A.M. Jaci. Incisione di Orazio Coppolino

In questo caso, tuttavia, lo strumento era destinato a fornire un sussidio ai numerosi naviganti in partenza o in transito dal porto su cui il senato cittadino puntava per una ripresa economica della città dopo il devastante terremoto del 1783. La meridiana era stata progettata da Jaci per fornire le effemeridi solari e l'uso del sistema all'italiana permetteva di conoscere il numero di ore di luce a disposizione e non richiedeva l'applicazione dell'equazione del tempo. Giorno dopo giorno essa riferiva, tramite il diametro dell'immagine solare, l'orario del transito ad un preciso valore di longitudine eclittica e di declinazione solare, riuscendo a tenere conto, grazie ad un sistema di trapezoidi, del ciclo quadriennale dell'anno bisestile. Come altrove evidenziato essa poteva essere considerata un sistema di quattro meridiane piuttosto che un singolo strumento (Tuscano 2012). Sicuramente lo strumento assunse uno specifico ruolo nell'ambito della determinazione della longitudine in mare, tema particolarmente in attenzione da parte del suo progettista.[9] Esternamente al Duomo Antonio Maria Jaci fece, peraltro, realizzare, una piccola meridiana all'europea e due orologi meccanici, secondo i due sistemi orari, fatto che conferma la volontà di introdurre nel contesto messinese i più moderni sistemi di misura del tempo. Come già scritto questa meridiana non è più visibile perché essa è rimasta coinvolta nel crollo del duomo durante il terremoto del 1908 nonché in un devastante incendio causato da un bombardamento nel 1943. Dopo il terremoto essa fu recuperata nell'ambito del restauro più generale

[9] Il lungo impegno di Antonio Matia Jaci sul problema della longitudine in mare è stato esaminato durante il XXXII Convegno SISFA (Tuscano 2013).

dell'edificio. Non altrettanto avvenne dopo la seconda catastrofe e la meridiana fu probabilmente sepolta dalla nuova pavimentazione della basilica.

L'adozione del tempo all'europea fu conclamata quarant'anni più tardi in due impegnative meridiane realizzate rispettivamente a Catania e ad Acireale, che confermarono la possibilità di utilizzo in un percorso integrato ai fini sociali tra astronomia, geografia e geodesia come auspicato da Piazzi per quella di Palermo. Anche in questo caso le volontà locali trovarono riscontro in uomini di scienza che si muovevano nell'ambito europeo: il geologo tedesco Wolfang Sartorius, barone di Waltershausen da Gottinga e l'astronomo danese Christian H. Friederick Peters da Flensburg, entrambi legati alla scuola di Gauss.[10]

Fig. 5. La Meridiana dell'Abbazia di S. Nicolò l'Arena di Catania

Con i suoi 37 metri di estensione tra i due punti solstiziali, la linea meridiana di Catania si propose maestosa all'interno della chiesa del Monastero di S. Nicolò l'Arena: inaugurata nel 1841, essa detiene il primato di essere la più lunga meridiana siciliana.[11]

Il proposito di costruire questo strumento era stato dell'abate Federico La Valle e dopo la sua morte nel 1833 del suo successore Tommaso Anzalone che aveva avviato la fase operativa affidando il progetto a Nicolò Cacciatore, direttore della Specola di Palermo dopo il trasferimento di Piazzi alla direzione dell'Osservatorio di Capodimonte. Nel dicembre del 1834 Cacciatore aveva realizzato un foro gnomonico nella cappella di San Benedetto ma i lavori erano proseguiti, tuttavia, a rilento con un ingente accumulo di materiali all'interno della chiesa, interrompendosi nel 1837 con la morte dell'Abate.

[10] I due scienziati sono denominati «I Chierici vaganti di Gauss» nell'omonimo libro scritto da Mario Alberghina in cui sono descritte le vicende delle due meridiane attraverso un'approfondita indagine documentaria sull'operatività dei due progettisti in Sicilia.

[11] Questa affermazione è ammissibile perché le meridiane siciliane corrispondono a valori di latitudine simili, 37° o 38° N, e inoltre la meridiana catanese è notevolmente più lunga delle altre. La lunghezza delle meridiane è funzione dell'altezza del foro gnomonico e della latitudine. Per un confronto delle dimensioni delle meridiane si fa, in genere, riferimento all'altezza del foro gnomonico. Quello della meridiana di Catania si trova a 23,92 m d'altezza sul pavimento, valore superato in Italia soltanto dai fori praticati dal Toscanelli nel Duomo di S. Maria del Fiore a Firenze e dal Cassini in San Petronio a Bologna.

L'impegno fu confermato dal nuovo Abate, Giovanni Francesco Corvaja che affidò, però, l'incarico al Sartorius, presente in Sicilia per dei rilievi topografici e geologici sull'Etna. Nel progetto entrò a far parte anche Peters, sopraggiunto a Catania per coadiuvare il Sartorius nei suoi studi.

Sartorius preferì costruire un secondo foro gnomonico prossimo al primo per far passare la linea meridiana sulla proiezione dell'apice della cupola maggiore sul pavimento. Al centro di ventisei lastroni di marmo di Carrara la meridiana segnalava la culminazione secondo il sistema all'europea. Essa fu impreziosita oltre che da dodici formelle di porfido intarsiate con i segni zodiacali da Carlo Calì, anche dall'inserimento di dati scientifici coerenti sia con la potenzialità della meridiana (calcolo dell'obliquità dell'eclittica, del grado di meridiano e del grado di parallelo) sia con l'informazione astronomica più generale; ad essi, i progettisti affiancarono valori geodetici, geografici e meteorologici, desunti dalle misurazioni ottenute nell'ambito della loro ricerca sperimentale.[12]

Fig. 6. Meridiana del Duomo di Acireale

Due anni più tardi, anche nel Duomo di Acireale fu completata una meridiana a camera oscura per il mezzogiorno all'europea. Il progetto, promosso dal Decurionato era stato curato da Christian Peters, avendo Sartorius preferito dedicarsi esclusivamente agli ultimi rilevamenti per la carta dell'Etna. Se più contenuto nelle dimensioni con i suoi 16,452 m tra i punti solstiziali, lo strumento non fu, però, da meno del similare catanese per eleganza di materiali e dovizia di informazioni astronomiche, geografiche e geodetiche, inserite a cornice ai lati della linea meridiana. Il foro gnomonico fu

[12] In particolare Peters calcolò la latitudine della chiesa da una posizione prossima alla cupola con un teodolite di Ertel; basandosi su passaggi al primo verticale di stelle zenitali della costellazione dell'Auriga, della Lince, dei Gemelli e del Leone, egli ottenne il valore 37° 30' 12",78.

praticato nella cappella di santa Venera ad un'altezza di 9,104 m e la costruzione di tutto l'impianto fu realizzata sotto la sorveglianza tecnica dell'ing. Angelo Fichera Rapisarda. Anche in questo caso i segni zodiacali furono eseguiti ad intarsio ad opera di Carlo Calì. L'estremità solstiziale d'inverno fu infine fregiata di una targa in marmo su cui furono inseriti i campioni di misura di lunghezza adottati in Europa: metro francese, piedi parigini, piedi inglesi, palmi siciliani e palmi napoletani.

Si evidenzia che entrambe le meridiane tra i diversi dati inclusero anche quello della lunghezza del pendolo semplice con oscillazione di un minuto secondo, 992,89 mm a Catania e 992,86 mm ad Acireale, dato che, oltre a fornire indirettamente informazioni gravimetriche locali, confermava l'opportunità del confronto tra tempo medio e tempo solare.

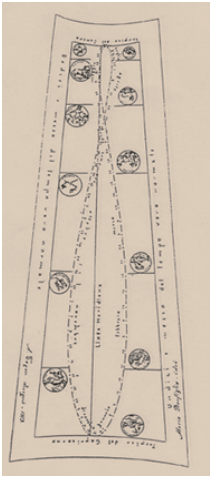
Nel 1854 su progetto di Nicolò Perrone Basquez, docente di latino e greco presso il locale Regio Ginnasio e studioso di matematica, fu realizzata a Castroreale una meridiana che si sviluppava per 15,35 m tra i solstizi, sul pavimento a mattoni bianchi e neri della Matrice, indicando il mezzogiorno secondo il Sistema Italico Civile.

Figg. 7-8. Meridiana di Castroreale (foto cortesia di M. Trobia); particolare della Meridiana di Castiglione di Sicilia

Nel contesto evolutivo dei sistemi orari questo strumento ha una collocazione a sé, esprimendo forse l'esigenza evocativa di antiche tradizioni. Più che per competizione con la meridiana di Messina, quella di Castroreale appare una testimonianza di un sistema orario messo in disuso dalle moderne necessità ma ancora presente nell'operatività quotidiana del territorio. Tanto più perché Castroreale, spesso isolata in cima al monte per le impervie condizioni delle vie di collegamento con la pianura, era esclusa dai primi processi di ammodernamento, strade ferrate, telegrafia elettrica, che andavano delineandosi nella regione. La datazione dello strumento potrebbe anche giustificare una scelta prudenziale, considerato il valore simbolico assunto dal sistema all'europea nel travagliato quadro politico di quel periodo.

Gli anni successivi furono significativi per la misura del Tempo. Il progresso tecnologico e l'unificazione dello stato italiano richiesero che il Tempo medio già in adozione in alcune località della penisola divenisse convenzionalmente unitario.
Per Regio Decreto n° 3224 del 22 settembre 1866 tutte le linee ferroviarie, telegrafiche e postali italiane adottarono il Tempo medio di Roma, allora calcolato sul meridiano del Collegio Romano. L'art. 2 del decreto stabiliva, però, che la Sicilia e la Sardegna facessero riferimento rispettivamente agli orari di Palermo e di Cagliari.[13]

Se pur lentamente i sistemi a rete si svilupparono anche in Sicilia. Le strade ferrate penetrarono verso l'interno dell'isola soprattutto per il trasporto degli estratti minerari e furono previste anche le più economiche linee a scartamento ridotto, tra queste anche la ferrovia circumetnea. A Castiglione etneo, paese ad appena 17 km di distanza dal cratere dell'Etna, toccherà il privilegio di accogliere la prima meridiana siciliana a tempo medio. Ne curò il progetto negli anni 1882-1883 il patriota rodigino Temistocle Zona, astronomo della Specola palermitana, di cui diventerà direttore nel 1898.



Figg. 9-10. La Meridiana di Modica; disegno della Meridiana di Caltanissetta

La meridiana, realizzata all'interno della Chiesa di San Pietro e Paolo con un foro gnomonico a 6,05 metri di altezza, fu contornata da un grande analemma, per il calcolo dell'equazione del Tempo. Zona si avvalse della strumentazione dell'Osservatorio di Palermo e del telegrafo elettrico per calcolare le coordinate geografiche ed ottenere l'orario esatto per il tracciamento. L'Astronomo indicò accanto alla meridiana la longitudine con i valori orari riferiti a Palermo e a Roma, per trasformare il tempo medio locale nel tempo medio delle due città, forse inconsapevole del fatto che la distanza oraria

[13] All'entrata in vigore del tempo medio nazionale era operativo il tratto ferroviario Palermo-Bagheria-Termini e in fase di completamento la linea Messina-Catania. In queste condizioni, l'adozione dell'ora media di Roma non avrebbe portato alcun vantaggio.

di circa trenta secondi della meridiana dal cratere dell'Etna faceva precorrere con ragionevole approssimazione l'adozione del futuro orario dell'Europa centrale.

In realtà gli anni erano maturi per la Convenzione Internazionale che sarà ratificata a Washington nel 1884 e a cui si conformeranno gradualmente i diversi Stati. L'Italia adottò la Convenzione dei fusi orari nel 1893 per Regio Decreto n° 490 del 23 agosto.

Nel 1895 il transetto della Chiesa di San Giorgio a Modica si adornò di una imponente meridiana all'europea, lunga ben 21,35 m con un vistoso analemma del tempo medio locale e l'aggiunta dei valori all'italiana del transito solare. Ne fu progettista Armando Perini, originario di Portoferraio e impiegato all'Ufficio del Registro. Stranamente Perini, molto attivo nella promozione culturale locale, non inserì alcun riferimento alla recente riforma dei fusi orari che troverà invece espressione in un piccolo gioiello della gnomonica siciliana purtroppo non più visibile, la meridiana di Caltanissetta.

Progettata nel 1913 dal lentinese Mario Bonfiglio, barone del Carmito e direttore della Scuola Tecnica Regia, essa fu realizzata sul pavimento della direzione dell'Istituto nisseno. La meridiana, corredata di analemma e al centro di un trapezio, forniva l'orario secondo tre sistemi: ora vera locale, lungo la linea meridiana; ora vera del fuso sulle diagonali del trapezio calcolate per le mezz'ore con la differenza in longitudine dall'Etna; TMEC sull'analemma.

Il disegno e le indicazioni su questo strumento, di cui attualmente si sconosce la sorte, sono reperibili in un articolo di G. Musotto (Tuscano 1999).

5. Conclusione

In questo contributo si è ritenuto di segnalare che le otto meridiane a camera oscura siciliane, se considerate in uno studio complessivo, assumono un valore aggiunto rispetto alle similari di altre regioni italiane che, se pur numerose e scientificamente di prestigio, non coprono nel contesto del proprio territorio l'intero arco evolutivo dei sistemi orari. Per questo motivo esse costituiscono un peculiare itinerario educativo all'interno della Storia delle Scienze e un prezioso sussidio didattico per la Storia dell'Astronomia, confermando la necessità di un'attenta salvaguardia come Beni culturali e, ove necessario, di tutela scientifica.

Bibliografia

Alberghina M. (2002). *I chierici vaganti di Gauss*. Catania: Maimone.

Bellina G. (a cura di) (2002). *Su alcune misure di tempo degli Iblei*. Regione Siciliana, Assessorato alla P.I., Provincia Regionale di Ragusa.

Bonhomo G. (1758). *Horographia*. Panormi: ex Thypographia F. Ferrer.

Chinnici I. (2006). "La meridiana di Piazzi nella Cattedrale di Palermo". *Giornale di astronomia*, 32 (1), pp. 103-106.

Faranda P. (2001). *Le ore antiche di Castroreale*. Castroreale: Comune di Castroreale.

Foderà Serio G. (1990). "La Meridiana del Duomo di Palermo". *Astronomia*, 96 (anno 12), pp. 30-36.

Giuffrida R. (1973). *Il progetto di Giuseppe Piazzi per una carta geografica della Sicilia (1789-1811). Aspetti del riformismo illuminato in Sicilia*. Palermo: Stampatori Tipolitografi Associati.

Heilbron J. (1999). *The Sun in the Church. Cathedrals as Solar Observatories*. Cambridge Mass: Harvard University Press [trad. it. (2005) *Il sole nella Chiesa. Le grandi chiese come osservatori astronomici* (a cura di Bònoli F., Ranfagni, P., traduzione di Bancheri, G.). Bologna: Compositori].

Ortolani A. (2003). "La meridiana di Acireale e il suo analemma". *Memorie e rendiconti-Accademia di scienze lettere e belle arti. Acireale*, serie 5, vol. 2, pp. 131-154.

Piazzi G. (1798). *Sull'Orologio Italiano, ed Europeo. Riflessioni di Giuseppe Piazzi Direttore della Specola*. Palermo: dalla Reale Stamperia.

Piazzi G. (1990). *Discorso preliminare sulle vicende dell'Astronomia in Sicilia*, in Foderà Serio G. (a cura di), *Sulle vicende dell'Astronomia in Sicilia*. Palermo: Sellerio, pp. 71-82 [Discorso originale pubblicato nel 1792].

Trobia M. (1998). "È ritornata a splendere la meridiana della Basilica di S. Nicolò l'Arena a Catania". *Gnomonica*, 1, pp. 24-25.

Tuscano M.L. (1997). *La meridiana di Antonio Maria Jaci nella Cattedrale di Messina,* in Proverbio E. (a cura di), *Atti del IX Convegno SAIt di Storia dell'Astronomia* (Napoli, 26-27 settembre 1997). S.l.: Società astronomica Italiana, pp. 179-187.

Tuscano M.L. (1999). *Meridiane e blasoni. La Meridiana di Caltanissetta*, in Unione Astrofili Italiani-Sezione quadranti solari (a cura di), *Atti del IX Seminario Nazionale di Gnomonica* (S. Felice del Benaco, 26-29 marzo 1999). S.l.: s.n., pp. 371-372.

Tuscano M.L. (2010). "L'orario Italico Civile a Palermo". *Gnomonica italiana*, 22, pp. 39-43.

Tuscano M.L. (in stampa). *La Meridiana di Temistocle Zona a Castiglione di Sicilia*, in *Atti del XXXI Convegno SISFA* (Pavia, 6-8 settembre 2011).

Tuscano M.L. (2013). *The scientific work of Antonio Maria Jaci*, in Pisano R., Capecchi D., Lukesova A. (eds.), *Physics, astronomy and engineering. Critical problems in the history of science and society. 32nd International Congress of the Italian Society of Historians of Physics and Astronomy* (Rome, 27-29 September, 2012). Šiauliai: The Scientia Socialis Press, pp. 383-392.

Tra scienza e astronomia
Giacomo Ruffo, visconte di Francavilla

Maria Concetta Calabrese - Dipartimento di Studi Politici, Università di Catania - mariaconcetta.calabrese@virgilio.it

Abstract: Giacomo Ruffo, visconte di Francavilla, è uno degli intellettuali più rappresentativi della Sicilia del Seicento. Studia a Pisa, dove ha come maestro Alfonso Borelli e come amico Marcello Malpighi e condivide con loro il ventaglio di profondi e molteplici interessi scientifici che facevano di questi intellettuali dei "polimatisti", curiosi di leggere nel «gran libro della Natura» sulla scorta degli insegnamenti della scuola galileiana. Fu per merito suo se nello *Studium* di Messina arrivano i protagonisti del rinnovamento, tra cui il Borelli e il Malpighi. Il ventaglio degli interessi del Borelli gli permetteva di rappresentare un punto di riferimento per matematici, fisici, medici, ma anche per la nobiltà più dinamica e aperta intellettualmente che ne ammirava l'ingegno. L'attività scientifica si accompagnerà al progressivo avvicinamento a posizioni di rinnovamento anche in politica. Anche Malpighi vivrà a Messina un periodo di straordinario fervore creativo. In più occasioni il famoso medico ricorderà con nostalgia la vita nelle residenze del Ruffo, suo competente sodale, sia nella villa appena fuori Messina, sia nella terra di Francavilla. Oltre che all'*Accademia degli Investiganti*, Malpighi appartiene anche a quella dei Lincei, a cui, proprio per suggerimento di Giacomo Ruffo, il medico trasmette l'opuscolo con le sue ricerche sul tatto. Durante il suo secondo soggiorno messinese Borelli vive in casa di Giacomo Ruffo che, nel proprio testamento, gli destina un vitalizio alla stregua di un familiare. Simone Rao dedica nel 1672 al visconte le sue *Rime*, curate dal dottor Michele Caracoci e stampate dal Borelli. Il Caracoci ricorda «le ben servate leggi di quell'amicizia che nacque tra la S.V. Illustrissima (Giacomo) e Monsignore (Rao), per non mai morire: la possente raggione di quella lor congiunzione di Sangue, che neanche per mortal division s'ebbe a disgiungere, e il rispetto di quella sì fatta uniformità di voler, di genio, di studij, che in loro due facevan credere una sola anima albergare». Simone Rao nei suoi versi magnifica l'ingegno e gli studi di astronomia di Giacomo. Giacomo muore il 29 ottobre 1674. Da un codicillo ulteriore sottoscritto dal visconte il 2 ottobre dello stesso 1674 e da un oroscopo ritrovato apprendiamo altre utili notizie sul suo interesse per l'astronomia. È questo l'aspetto che desidero mettere maggiormente in evidenza in questa comunicazione.

Keywords: Giacomo Ruffo, Alfonso Borelli, Marcello Malpighi, Simone Rao, Michele Caracoci.

Nelle sue *Rime*, pubblicate postume per interessamento di Alfonso Borelli e curate da Michele Caracoci, Simone Rao Requesens,[1] intellettuale e poeta raffinato, politico ribelle, in ultimo vescovo di Patti,[2] celebra l'ingegno di Iacopo Ruffo, visconte di Francavilla, a cui era legato da rapporti famigliari, in quanto la zia Cornelia Balsamo, sorella della madre Agata Balsamo Ruffo, aveva sposato in seconde nozze Antonino Rao, e da comuni interessi scientifici per l'astronomia. Scrive il Rao:[3]

> All'Illustrissimo Signor Iacopo Ruffo, visconte di Francavilla.
> Con l'occasione di Primavera, invita al Tindaro questo Signore, suo parente.
> Già riede allegra a' conosciuti tetti / L'ospite garruletta pellegrina: / E già la tepida aura mattuttina / Richiama al canto i musici augelletti. Apre con dolci morsi i suoi ricetti / La rosa, e 'nsulta la natia sua spina: / E par, di suoi begli ostri a far rapina / Che la candida man di Ninfa aspetti. Qui te, Ruffo ingegnoso, il nostro ardente / di te desio da studi tuoi rappella / Or che i mari tranquilla April ridente. Vedran qui chiara qual più dubbia stella / Tue canne occhiute. E Tindari giacente / A i versi tuoi risorgerà più bella.

Le «canne occhiute» a cui il Rao fa riferimento sono i telescopi con cui il visconte di Francavilla osservava il cielo per i suoi prediletti studi di astronomia, coltivati sotto la guida di Giovanni Alfonso Borelli. Il giovane visconte aveva seguito lo scienziato allo *Studium* pisano dopo averlo conosciuto a Messina. Il Caracoci, di Francavilla, citato da Giacomo nel suo testamento, nella dedica alle *Rime* del Rao ricorda

> le ben servate leggi di quell'amicizia che nacque tra la Signoria Vostra Illustrissima [Giacomo] e Monsignore [Rao], per non mai morire: la possente raggione di quella lor congiunzione di Sangue, che neanche per mortal division s'ebbe a disgiungere, e il rispetto di quella sì fatta uniformità di voler, di genio, di studij, che in loro due facevan credere una sola anima albergare.

Il visconte di Francavilla fu una personalità intellettuale rilevante, un "polimatista", un seguace della filosofia della natura; fu anche un collezionista di opere d'arte, sebbene egli non potesse competere con la ricchezza dello zio Antonio, principe della Scaletta. Nella corrispondenza tra i pittori e il principe della Scaletta, pubblicata nel primo decennio del Novecento, più volte il Guercino[4] scrive di Giacomo: «Mi persuado poi che a quest'hora lor SS.ri avranno ricevute le cassette con li due quadri, cioè la Madonna di mia prima maniera, et l'altro fattoli da Cesare all'Ill.mo Sig.re D. Giacoppo suo Sig.re Nipote, e spero che l'uno e l'altro saranno riusciti di soddisfazione

[1] Il Rao fece parte dell'Accademia dei Riaccesi di Palermo. Morì nel 1659.

[2] La congiura aristocratica del conte di Mazzarino aveva preso corpo nella seconda metà del 1649 con il ritorno in Sicilia del duca di Montalto e l'opposizione del baronaggio napoletano al viceré Onate. Con il galileiano Simone Rao complottano Lo Giudice e Pesce che vedono in Montalto un re per l'isola. Sarà sventata per la denuncia dell'Inquisizione (Giarrizzo, 1989, p. 323).

[3] Biblioteca Centrale della Regione Siciliana "A. Bombace", Fondi Antichi, 4.39. A 53. Rao e Requesenz (1672, p. 103). Nel 1658 fu provicario del Rao il galileiano toscano Famiano Michelini, amico del Borelli. Vedi la voce curata da Favino (2010, *ad indicem*).

[4] Il pittore Giovanni Francesco Barbieri detto il Guercino, ritenuto uno degli artisti più rappresentativi della fase matura del barocco, fu uno dei pittori prediletti da Giacomo Ruffo.

[…]»; a distanza di pochi giorni, il 6 maggio 1665, un nipote del pittore, Benedetto, addirittura scrive ad Antonio queste parole: «[…] quando si tratta di servire, e lei, et l'Illustre Signore Don Giacomo io sento particolare godimento» (Ruffo 1917, pp. 70 e 75), una prova della sincera manifestazione della stima che i Ruffo, zio e nipote, godevano nell'ambiente artistico e non solo una forma di *captatio benevolentiae*.

Il Guercino dipinge per il visconte di Francavilla un Davide a figura intera e una Sibilla.[5] I nipoti dell'artista, anch'essi pittori, eseguono poi per Giacomo quattro dipinti (Ruffo 1917, p. 61).[6]

Un'altra lettera, questa volta del Malpighi, il 24 novembre 1668, testimonia l'interesse del medico per l'arte e gli stretti legami tra zio e nipote; lo scienziato, porgendo gli auguri ad Antonio e ai suoi figli per il Natale, accomuna a loro Giacomo, scrivendo (Ruffo 1917, p. 76):

> Godo poi della buona salute di V.S. Ill.ma e di tutta la sua famiglia, e che i Sig.ri suoi figli continuino l'avanzamento nelle belle arti, e particolarmente nella musica, et io spesse volte con gli amici rammemoro la consolazione ch'io avevo nella sua Accademia e l'estate ai balconi della marina. Io poi me la vado passando al meglio, che si può, e per havere quest'estate un giovane pittore pronto per dessegnarmi alcune cosette ho fatto fare alcune copie de i quadri del Carracci, e con pochi denari ho nutrito il vitio, e se quest'autunno avessi avuto buona salute atteso che sono stato a letto con febre molti giorni, volevo fare un viaggio a Parma, et a Correggio per vedere l'opera del Correggio e del Parmigiano. La prego di riverire per parte mia il Sig.re D. Giacopo et i sig.ri suoi figlij mentre io umilmente riverendolo resto al solito augurandole ogni felicità in questo Santo Natale.

Non a caso anche Giacomo si servirà, come vedremo, di un altro artista con cui lo zio aveva una lunga consuetudine, cioè Innocenzo Mangani, architetto, scultore, incisore.[7]

---

[5] La Sibilla, com'è noto, era un'antica figura di profetessa: in particolare la sacerdotessa di Apollo che comunicava il responso oracolare del dio. La Chiesa occidentale, interpretandone i detti come anticipazioni della storia cristiana, riconobbe dodici Sibille come profetesse della venuta di Cristo, equivalenti pagane dei profeti dell'Antico Testamento. I loro attributi sono vari: reggono in genere un libro (i libri sibillini erano raccolte di sentenze oracolari). Il loro nome ne indica il luogo d'origine e tra i loro attributi figurano gli strumenti della Passione e altri simboli cristiani (cfr. Hall 1993). Nella prima metà del Quattrocento aveva preso forma una nuova maniera di dipingere le profetesse (Gagliardo 1991, in cui le pp. 19-25 riguardano in generale le Sibille e l'iconografia). Rimando per la bibliografia sull'argomento allo scritto della storica dell'arte di cui desidero citare anche *Le Sibille di casa Romei, Storia e restauro* (Di Francesco 1998, pp. 21-23 e 26-27).

[6] Per gli stretti rapporti tra Antonio, il nipote Giacomo, il Guercino e i suoi nipoti vedi Ruffo (1917, pp. 60-70 e 73-76).

[7] Innocenzo Mangani fu architetto e scultore. Negli *Annali della città di Messina* (Gallo, Oliva 1980, p. 467) si scrive di lui: «Tuttoché forestiero, però per la sua lunga abitazione e per essersi in Messina accasato, divenne cittadino. Uomo celebre per l'architettura e scoltura, fu dal Senato condotto a fin di servirsi dell'opera sua nei pubblici uffici, molte cose si veggono di questo grande uomo per eternare la sua memoria». L'Arenaprimo (1901, pp. 7-8) ci dice che fu anche un grande cesellatore. Tra le sue opere si annoverano il manto d'oro cesellato che ricopre il quadro della Vergine della Lettera e il ciborio d'argento dell'altare maggiore del Duomo; i due angeli in bronzo nell'altare del Santissimo Sacramento; una fontana di marmo ornata da tritoni e cavalli marini, e il monumento a Simone Carafa, arcivescovo di Messina. Per il principe Ruffo eseguì pregiate opere di argenteria dal 1657 al 1672 (Arenaprimo 1901, p. 8). Cfr. anche Calabrese (2000). Innocenzo Mangani eseguirà anche un prezioso paliotto per il convento dei Cappuccini di Francavilla.

Il giovane visconte è «ornato del conoscimento profondo in ogni scienza», la sua casa è «aperta ai dotti». Nelle sue dimore di Messina e Francavilla sono di casa intellettuali e scienziati. Giacomo è legato allo zio Antonio, principe della Scaletta, del quale condivide il ventaglio di profondi e molteplici interessi scientifici che facevano di questi intellettuali dei "polimatisti", curiosi di leggere nel «gran libro della Natura» ogni espressione di arte e di scienza, sulla scorta degli insegnamenti della scuola galileiana.

Il visconte, anche se ammira lo zio, possessore di un grande patrimonio, non agisce per dinamica emulativa, ma anzi egli ha in prima persona legami personali e profondi con personaggi di altissimo livello scientifico, quali appunto Alfonso Borelli e Marcello Malpighi, e con altri intellettuali di rango come Simone Rao, già citato: non a caso è stato definito «il maggior rappresentante […] della cultura alternativa» nell'isola (Dollo 1984, p. 69).[8]

È noto che dal 1636 Borelli, già in Sicilia, rappresenta l'elemento propulsore del rinnovamento neoterico. Per i suoi rapporti esteri e per quelli con la cultura toscana di cui è *magna pars* costituisce il costante raccordo tra gli uomini più rappresentativi della nuova cultura nell'isola, di coloro cioè che avvertono come un limite le pastoie del sapere aristotelico e galenista.

Fu per merito suo se a Messina arrivarono i protagonisti del rinnovamento, tra cui Marcello Malpighi. Il vasto ventaglio dei suoi interessi gli premetteva di rappresentare un punto di riferimento di altissimo livello per matematici, fisici, medici, ma anche per la nobiltà più dinamica e aperta intellettualmente che ne ammirava l'ingegno, tra cui appunto il visconte Giacomo Ruffo, il marchese di Geraci, Giovanni Ventimiglia, il conte di Prades, Carlo Ventimiglia.

L'attività scientifica si accompagnerà al progressivo avvicinamento alle posizioni più decise di cambiamento dello stato vetero-nobiliare. Borelli non è rivoluzionario solo nelle teorie scientifiche, ma anche in politica, e l'ambiente intellettuale messinese, più progressista, influenzato profondamente da lui, diventa un luogo di ricerca attiva che propone un diverso modello culturale. In questa operazione il patriziato messinese investe la sua autorevolezza di classe dirigente alternativa con un impegno forte (Carlo Gregorio, Giovan Battista Valdina, Giacomo Ruffo, Alberto Tuccari).

Dietro di loro c'è una compattezza non riscontrabile in altre parti dell'isola, e ciò proprio per l'attività di un gruppo di nobili, un corpo culturale quale l'Accademia della Fucina, sede di un'attività intensa e di una politica culturale in cui si fa strada l'esigenza di un nuovo uso della ragione. Non a caso chi aderisce alla rivolta contro la Spagna è anche un seguace dei neoterici.

I motivi di una così felice congiuntura non sono ancora del tutto esplorati, ma sicuramente contribuì la necessità della nuova aristocrazia messinese, commerciale e dinamica, di elaborare una nuova concezione della propria autonomia. L'elargizione del denaro pubblico e privato corrisponde alla necessità di costruire un'identità socio-politica attraverso i modelli europei delle accademie, dei sodalizi epistolari, dell'aggiornamento erudito e della sperimentazione. Non a caso, palermitani come Simone Rao e Paolo

[8] Scrivendo a uno studioso di Bologna, Giacomo Zannone, Paolo Boccone nel 1669 si lamenta del disinteresse delle Istituzioni per la cultura.

Boccone[9] sentono il fascino del mondo messinese e sono in contatto con uomini come Borelli, Malpighi e Giacomo Ruffo (Dollo 1979, pp. 71-75 e pp. 183 ss.).

Malpighi, professore allo *Studium* peloritano, è in particolari rapporti d'affetto con il visconte, perché entrambi avevano studiato a Pisa e lì si sono frequentati a lungo: «Pisis morans doctissima, et suavissima consuetudine per annos usus eram» (Dollo 1979, p. 41).[10]

Sappiamo che Giacomo[11] nel 1657 è a Pisa; Malpighi, in precedenza pubblico lettore a Bologna, dove i galenisti lo avversano, si trasferisce a Pisa nello stesso anno come professore di medicina teorica, su invito del granduca Ferdinando II, e lì entra in familiarità con Lorenzo Magalotti, Valerio Chimentelli, Giovanni Alfonso Borelli e con il Ruffo. Nel 1660 il grande medico scopre la struttura dei polmoni (aveva già scoperto la struttura a spirale delle fibre del cuore), ma anche in Toscana è oggetto degli attacchi dei tradizionalisti. L'ostilità di certi settori medici, la morte di Andrea Mariani, il fatto che la situazione messinese sia in quel frangente più avanzata di quella bolognese, la sicurezza di trovare amicizia e appoggio presso il visconte di Francavilla, lo convincono ad accettare l'invito del Senato messinese.[12]

Da Messina Malpighi tiene informati Borelli, Bellini e Fracassati delle sue decisive scoperte della biologia animale, mentre con Giacomo Ruffo continua la fraterna familiarità degli anni pisani (Dollo 1979, p. 157):

> Ruri interdum non longe ab Urbe in villa Illustrissimi Vicecomitis D. D. Jacobi Ruffi morans, plantarum structuram rimabar, et ibidem in frustalo ligni castaneae ampli occorrere ductus aeris, seu tracheae, quas in aliis etiam vegetabilibus adesse comperii, quare tantae rei Clarissimum Borellum monui, qui die 27 Aprilis 1663 haec mihi rescipsit […].[13]

In più occasioni il famoso medico ricorderà con nostalgia la vita nelle residenze dei Ruffo, sia nella villa appena fuori Messina, sia nella terra di Francavilla, sia nel palazzo del principe. Infatti il medico è un assiduo frequentatore della meravigliosa dimora di Antonio Ruffo a Messina e si reca spesso a Francavilla con il visconte. Il Malpighi aveva, tra l'altro, curato Agata Ansalone, moglie del visconte (Dollo 1984, p. 158). Il grande medico scriverà in una delle sue lettere al principe Antonio:[14] «Godo poi della

---

[9] Lo stesso Paolo Boccone dedica la lettera al visconte di Francavilla definendolo «propitio e vero Mecenate» (Dollo 1984, p. 69); cfr. anche Dollo (1979, pp. 356-357).

[10] In Volpi (1979) non c'è traccia di Giacomo Ruffo tra i laureati.

[11] *Lettere di Alessandro Marchetti ad Antonio Magliabechi,* vol. I, p. 282. L'Università di Pisa era molto considerata perchè lì avevano insegnato Galilei e altri scienziati. Soprattutto godeva di grande prestigio nelle discipline mediche e giuridiche (Carranza 1971).

[12] Dollo (1979, p. 156, n. 5) ha scritto che lo stipendio di Malpighi fu di 1000 scudi annui, altissimo per quei tempi.

[13] Secondo Vincenzo Ruffo (1917, p. 72) Malpighi molto probabilmente partì da Messina nel maggio 1666, in quella data Marcello e Giacomo avevano entrambi 38 anni, il principe Antonio 56.

[14] La lettera è del 24 novembre 1668: Ruffo, (1917, pp. 75-76). La splendida dimora del Ruffo della Scaletta era situata sulla palazzata di Messina. Nel vol. 847 del fondo Spadafora che si trova presso l'Archivio di Stato di Palermo (ff.142 r-v), si specifica che i balconi che guardavano il mare erano nove: «L'Illustre Don Antonio Ruffo in tempo della sua vita e sino al giorno della sua morte tenne e possedio come vero signore e padrone tutto ed integro l'indiminuito palazzo e tenimento grande con dodeci balconi dalla parte dentro questa città di Messina e con nuove balconi verso la marina sito e posito in questa predetta città di Messina nella marina di essa seu strada Emmanuela Contrada del Regio Campo, in frontispitio del palazzo Arcivescovale […]».

buona salute di V.S. Ill. ma e di tutta la sua famiglia, e che i signori suoi figli continuino l'avanzamento nelle belle arti, e particolarmente nelle musica, et io spesse volte con gl'amici rammemoro la consolazione ch'io avevo nella sua Accademia e l'estate ai balconi della marina».

Certamente Malpighi trova nei Ruffo quei competenti sodali con cui godere di un dialogo di alto livello; nel periodo messinese egli produce importanti ricerche: le osservazioni sui condotti adiposi nei pesci, le sezioni anatomiche sulle torpedini e sugli squali, sulla struttura del nervo ottico del pescespada; sulla struttura, nella lingua, delle papille e dell'organo del gusto. Quest'ultima scoperta, pubblicata in un opuscolo, è dedicata proprio a Giacomo Ruffo (Malpighi 1687, vol. II, pp. 200-221 e Dollo 1979, p. 158).

Fu un periodo di straordinario fervore creativo in cui, fra l'altro, scopre la respirazione vegetale (Dollo 1984, p. 162). La battaglia tra galenisti e neoteorici si svolge aspra anche in Calabria, dove si leva la voce autorevole di Giovanni Battista Cappuccio che, dopo aver esercitato a Napoli, si è ritirato a Crotone.

Oltre che all'Accademia degli Investiganti, Malpighi appartiene anche a quella dei Lincei, a cui, proprio per suggerimento di Giacomo Ruffo, il medico trasmette l'opuscolo con le sue ricerche sul tatto (Dollo 1979, p. 263). Questi legami sono indicativi della statura intellettuale del visconte: se il personaggio più significativo per lo zio principe Antonio fu Agostino Scilla, pittore e scienziato, di cui ho parlato nella mia monografia sui Ruffo di Sicilia (Calabrese 2014), per Giacomo i referenti politici e culturali furono Borelli e Malpighi.

Borelli, che aveva insegnato a Pisa tra il 1656 e il 1667 (Bertoloni Meli 1996, p. 184), giunge allo *Studium* messinese la prima volta negli anni dal 1635 al 1656. Nel complotto nobiliare del 1649, in cui era implicato anche Simone Rao, come durante la rivolta di Messina, si schiera a favore della prospettiva di un re proprio per l'isola (Giarrizzo 1989, p. 320).

Negli anni Settanta (così come nel 1649), la scelta di un re residente in Sicilia è l'unica capace di unire Borelli e i suoi mecenati dell'aristocrazia siciliana. Dal 1662 al 1672, durante il suo secondo soggiorno messinese, vive in casa di Giacomo Ruffo sia a Messina che a Francavilla e Giacomo, nel proprio testamento, gli destinerà un vitalizio alla stregua di un familiare. In una delle lettere di Borelli al cardinale Leopoldo de' Medici (Messina 14 agosto 1669), lo scienziato scriveva:

> Mi è pervenuta ultimamente una curiosissima notizia, e che si è dalle bocche ultimamente aperte all'insù si vede il terreno aperto per più di 2 braccia, la quale apertura a guisa di solco vasto cammina all'insù verso il supremo ed altissimo cratere o bocca di Mongibello; di esso come di cosa importante bisogna ch'io me ne chiarisca bene, e già il Signor Visconte di Francavilla ha mandato apposta un uomo esperto per assicurarsene.

In un'altra lettera (Messina 22 giugno 1671):

> Hora che son tornato a villeggiare a Francavilla sto occupato a stampare le rime di monsignor Rau di buona memoria, e mio svisceratissimo amico, e padrone, le quali credo che riusciranno a vostra Altezza di non ordinaria sodisfazione. Poi

> porrò subito mano alla stampa del mio libro della forza dei muscoli, il quale è ridotto quasi a perfettione.[15]

Borelli esercita un ruolo di primo piano nella politica accademica messinese anche negli anni pisani: controlla infatti la prima cattedra di medicina, tant'è vero che fa chiamare a Messina Marcello Malpighi dal 1662 al 1666, Tommaso Cornelio (che non accetta) e infine Carlo Fracassati.[16] Gli stretti rapporti scientifici con Simone Rao e con Giacomo Ruffo «costituiscono indicazioni importanti sulla situazione culturale, politica e scientifica, del gruppo dirigente messinese» (Giarrizzo 1989, p. 326).

Nella seconda metà del Seicento, attorno alla nobiltà e agli "honorati" di Messina che gestiscono *more rei pubblicae* il loro apparato istituzionale, si raccoglie «quanto *l'intellighentsia* siciliana è in grado di dare sul terreno della "investigazione" sperimentale, medica, naturale, astronomica» (Giarrizzo 1989, p. 326).

> L'alleanza tra 'popolo honorato' e maestranze ha consentito una diffusa insorgenza della tradizione 'repubblicana': a Palermo come a Trapani a Siracusa come a Catania, a Messina soprattutto. L'isolamento del braccio demaniale nel parlamento del '51 [...] accresce consapevolezza nei gruppi dirigenti cittadini: non è forse azzardato riconoscere nella siracusana *Setta dei filosofi* (Antonio Arezzo, Niccolò Danieli, Vincenzo Bonajuto e Lucio Bonanno) e nell'importante propaggine messinese (Ruffo, Faraone, Ventimiglia, Staiti) l'asse portante di un progetto di 'lega' tra repubbliche (Giarrizzo 1989, p. 322).

In questo contesto Borelli fu l'ideologo e l'anima del gruppo dichiarato ribelle (Giarrizzo 1989, p. 328).[17] Il visconte di Francavilla è stimato da scienziati e intellettuali come dimostrano le sue relazioni e le dediche a lui destinate. Simone Rao gli dedica le sue *Rime* curate dal dottor Michele Caracoci e stampate dal Borelli (Venezia 1672), due anni prima della morte del visconte di Francavilla che muore il 29 ottobre 1674. Egli dispone di essere sepolto accanto ai suoi genitori e nomina come fidecommissaria la sorella Maria Teresa, monaca nel convento di San Gregorio in Messina. Il visconte designa erede universale il fratello Carlo (pare che fosse nato il 4 febbraio 1640), con l'obbligo, tra le altre condizioni, di scegliere una sposa gradita alla sorella, altrimenti la sua eredità sarebbe passata ai Gesuiti di Messina. Questo dato ci informa della considerazione che Giacomo aveva per la sorella, che doveva essere ritenuta persona autorevole in famiglia, se anche lo zio Antonio fece dipingere un quadro raffigurante Santa Teresa per il convento di San Gregorio a Messina, dove viveva lei con altre consanguinee della famiglia (Ruffo 1917, p. 10, n. 6).[18]

---

[15] I passi sono citati in Dollo (1979, pp. 337 e 347). Paolo Boccone dedica uno dei suoi scritti al granduca di Toscana (Messina 2 aprile 1666) e al visconte Giacomo, *Della pietra belzuar minerale siciliana, Lettera familiare di Don Paolo Boccone panormitano, botanico del Serenissimo Gran duca di Toscana scritta ad un virtuoso e dedicata all'Illustrissimo Signor Don Giacomo Ruffo, Visconte di Francavilla, etc.*

[16] Da diversi decenni Messina e quindi la sua Università, in primo luogo la facoltà di Legge con i suoi giuristi, avevano il compito di difendere le prerogative politiche ed economiche della città nei confronti della monarchia spagnola.

[17] Giacomo Ruffo, Domenico Catalano e il principe di Valdina si rifiuteranno di tornare a Messina nel 1674 (Bertoloni Meli 1996, p. 188).

[18] Per la vicenda del quadro, vedi Ruffo (1917, p. 73). Nel 1688 Maria Teresa fece costruire un altare in

Per arricchire la biblioteca del convento lascia a essa tutti i suoi libri, tanto quelli che tiene a Messina che quelli di Francavilla, e incarica la sorella di incrementarla con la somma complessiva di 400 onze (50 all'anno).

Nonostante nel testamento Giacomo abbia fatto espresso divieto di vendere o spostare i suoi libri, oggi rimane solo un'esigua traccia di essi. I testi, sul cui frontespizio si trova il nome del visconte, sono conservati presso l'archivio provinciale dei cappuccini di Messina. Si tratta di opere di scienza, filosofia, storia, letteratura, agricoltura (Calabrese 2014).[19]

Tra i libri provenienti dal fondo del convento di Francavilla ne sono conservati alcuni che, pur non portando la firma del Ruffo sopra il frontespizio, è possibile che facessero parte originariamente della sua libreria: mi riferisco a testi come l'opera di Luciano di Samosata che riporta il giudizio di «autore damnato, libro proibito», o i libri di medicina di Girolamo Mercuriale (1617) e di Guillaume Rondelet (1573) o ai *Villae libri* di Giovan Battista Della Porta (1592).

D'altra parte il visconte stesso donò in un codicillo successivo i suoi libri al siracusano Vincenzo Bonaiuto, e probabilmente erano libri di scienza e di astronomia, poiché allo stesso dona anche i due globi, il telescopio e il ritratto di Galilei.

Terminati i lasciti per la città, il visconte si occupa di persone che gli sono care: dona al padre Giuseppe Ruffo una rendita di 24 onze l'anno; a Giovanni Alfonso Borelli dona 200 onze da pagarsi a Roma[20] dopo la sua morte e 300 scudi annuali durante la sua vita da pagarsi sempre a Roma.

Da un codicillo sottoscritto dal visconte il 2 ottobre dello stesso 1674 apprendiamo altre utili notizie sulla cultura e il gusto artistico di Giacomo. Il visconte è un estimatore della pittura del Guercino e dei suoi nipoti Benedetto e Cesare Gennari e possiede dipinti di pittori importanti sia nel palazzo di Francavilla sia in quello della contrada della Zaera a Messina; oltre la ricca libreria destinata al Convento dei Cappuccini di Francavilla, come già abbiamo visto, destina altri libri ad amici come il barone Antonino Reitano Furnari (60 libri)[21] ed il siracusano Vincenzo Bonaiuto (25 volumi).[22]

A Messina[23] aveva una Maddalena con cornice dorata, una Madonna con il bambino dipinta da Carlo Maratta, due dipinti con mezze figure di San Francesco e San Gerolamo, sei quadri di animaletti e fiori dipinti da Paolo Purpura, una Madonnina[24] con cornice a foglia dorata, un capezzale che raffigurava la Madonna che va in Egitto

---

marmi mischi nella parete di testata del transetto nella chiesa del monastero di San Gregorio dedicato alla Madonna del Carmine per ospitare il dipinto del Guercino (Lenzo 2005, pp. 31-40 e p. 32). Il monastero di San Gregorio era, come quello di Santa Maria dell'Alto e dello Spirito Santo, noto per i ricami delle monache, la confezione di addobbi e anche di fiori di stoffa (Macchiarella 1985, pp. 59-60).

[19] Catalogo in Biblioteca Provinciale dei Cappuccini di Messina; per le cinquecentine Lipari (1985). Il visconte giovanissimo aveva suggerito ad Andrea Cirino letture sulla filosofia stoica (Dollo 1979, pp. 103-114 e Dollo 1984, p. 132, n. 1).

[20] Borelli morirà a Roma alla fine del 1679 nel convento di San Pantaleo, dopo essere stato anche il medico della regina Cristina di Svezia (Iacovelli 1990, p. 203).

[21] Archivio di Stato di Messina, Fondo Avarna, vol. 12, ff. 424 r-29 r.

[22] Li donerà al barone di Furnari.

[23] I tre quadri saranno del presidente Alliata assieme a una «cocchiola d'argento».

[24] Gli ultimi sette quadri saranno destinati a Federico Spadafora.

del Guercino e altri due dipinti, di uno dei nipoti del Guercino,[25] aventi come soggetto La Poesia e La Musica,[26] una testa del Brandi, un dipinto di Matteo Stomer,[27] una Madonnina con la cornice di tartaruga,[28] due Madonnine con il Bambino che appartenevano alla madre, la viscontessa Agata,[29] un San Giovanni Battista a figura intera con la cornice dorata dipinto da uno dei nipoti del Guercino,[30] otto paesaggi di città dipinti da Filippo Giannetti,[31] e ancora monete, d'oro, d'argento e di rame,[32] un reliquiario e un presepe d'avorio,[33] diversi manufatti d'argenteria, tra cui due vasi dorati, uno scaldavivande,[34] dodici piatti d'argento,[35] raffinati tendaggi quali «un cortinaggio di domaschello giallo, et acquamarina»,[36] dodici sedie di «punto»,[37] gioielli, tra cui una catena d'oro con una croce turchina smaltata,[38] un bauletto in filigrana d'argento.[39]

Questi beni ci illuminano sui rapporti di Giacomo o li confermano: essi sono destinati a parenti, amici, protetti, forse creditori, circolano nelle dimore di nobili, intellettuali, togati, clienti, patroni e costituiscono elementi di decoro, testimonianze di ricchezza e prestigio che possono integrarsi in contesti diversi, dimostrando così l'esistenza di una comune civiltà del gusto, della moda e del sapere di cui i diversi fruitori fanno parte oltre ad essere, è noto, segni di fondamentale importanza per ricostruire la rete di rapporti politici e culturali del visconte Giacomo, personaggio di grande spessore culturale. I destinatari dei suoi lasciti furono aristocratici, quali il barone di Furnari, il presidente Alliata,[40] Federico Spadafora,[41] il conte di Prades,[42] il conte di Giarratana,[43] Alessandro Staiti, don Giuseppe Del Vaglia, don Giovanni d'Arces,[44] togati, come Diego Brunaccini,[45] parenti, come Anna e Francesca Avarna, suor Illuminata e Maria Ruffo, amici come gli scienziati Borelli e Malpighi.

---

[25] Fu donato a Giuseppe Del Vaglia.
[26] Saranno del Conte di Prades.
[27] I due quadri furono donati al conte di Giarratana.
[28] Sarà donata alla cugina suor Illuminata Ruffo.
[29] Saranno della sorella suor Maria Teresa.
[30] Fu destinato a Diego Brunaccini.
[31] Furono destinati a Don Giovanni D'Arces.
[32] Furono donate a Marcello Malpighi.
[33] Saranno anche questi della sorella del visconte.
[34] Li riceverà Francesco Spadafora.
[35] Saranno della cugina Anna Avarna.
[36] Lo avrà Maria Ruffo, cugina di Giacomo.
[37] Li lascerà in possesso di Alessandro Staiti al quale le aveva prestate.
[38] Sarà del figlio di Francesca Avarna.
[39] Sarà di Francesca Avarna.
[40] Giovanni Alliata fu presidente del Real Patrimonio nel 1673 (Galluppi 1877, p. 17).
[41] Federico Spadafora era anche lui un collezionista.
[42] Giovanni Ventimiglia, marchese di Geraci, e Carlo, conte di Prades – come il visconte Giacomo – furono discepoli del Borelli (San Martino De Spucches 1934-41, vol. VI, p. 69 e Giarrizzo 1989, pp. 322 e 342).
[43] Girolamo Settimo Bologna fu investito del titolo di conte di Giarratana. Per una colpa da lui commessa nel suo ufficio di Maestro di Zecca ebbe confiscato il feudo, ma, in seguito, per la sua condotta esemplare, il parlamento siciliano chiese nel 1664 al sovrano la grazia della restituzione dei beni. Gli furono restituiti nel 1678. Gli successe il figlio Troiano (San Martino De Spucches 1934-41, vol. IV, p. 80). Per la sua importanza nel panorama politico e culturale della Sicilia del suo tempo come fondatore, con Giambattista Caruso e il messinese Giacomo Longo, dell'Accademia del Buon Gusto, vedi Giarrizzo (1989, pp. 378-379).
[44] Giuseppe Cuneo, lo definisce «uomo di grande prudenza, di consiglio e letterato» (Cuneo 2001, t. I, p. 81).

Di questi lasciti in questa sede mi interessa soprattutto notare il dono di suoi libri ad Antonino Reitano Furnari, coinvolto di lì a poco nella rivolta antispagnola, e «più sessanta pezzi di libri di pigliarseli a sua elettione di quelli che tiene in suo potere»; a Vincenzo Bonaiuto dona «vinticinque pezzi di libri matematici di quelli che tiene in Messina il detto Signor Don Antonino Reijtano» e il telescopio «venutomi ultimamente che tiene Elia Scotelio, che lo consegni al suddetto Don Antonino Rijtano per ricapitarlo al suddetto Don Vincenzo, di più il Retratto di Galileo et li due globbi, l'uno Celeste, l'altro Terrestre che sono in un cassetto, che sa il suddetto Elia Scotelio». Come si vede questi doni, il ritratto del grande Galileo Galilei, il telescopio e i globi sono il segno di un legame che non era solo affettivo ma soprattutto scientifico e, in particolare, sono segno della comune passione per l'astronomia che lo legava al siracusano Vincenzo Bonaiuto.

Com'è noto, a differenza delle mappe che riproducono la sfera della Terra e del cielo su superfici bidimensionali attraverso un sistema geometricamente controllato di distorsioni più o meno accentuate, i globi restituiscono un'immagine non distorta del nostro pianeta e dell'universo. Costruiti generalmente in coppia, terrestri e celesti, i globi sono formati da una serie di spicchi di carta, i cosiddetti «fusi», incollati su un supporto di legno e cartapesta. La grande diffusione di questa forma di rappresentazione cartografica si registra proprio nel periodo che ci interessa tra il XVI e il XVIII secolo.

Il patrizio siracusano Vincenzo Bonaiuto condivideva certamente gli interessi politici e scientifici del Ruffo. Quanto a Elia Scotelio il nome ci fa pensare a un ebreo che doveva essere, stando al codicillo testamentario, di casa dal Ruffo. Il telescopio gli era forse arrivato da Roma per interessamento del Borelli, che in quegli ultimi anni della sua vita viveva nel convento di San Pantaleo svolgendo anche il ruolo di medico per la regina Cristina di Svezia?

Sappiamo che Borelli dette un importante contributo alla nascita della moderna meccanica celeste. Egli scrisse *Theoricae mediceorum planetarum* che, secondo Ugo Baldini, erano

> una specie di "discorso sul metodo" relativo ad un problema astronomico. L'opera è divisa in due parti: la prima considera aspetti generali del moto planetario; la seconda, *De mediceorum organica et practica astronomia,* restringe l'ambito visuale ai medicei ed alle loro peculiarità, ed ha, come detto, un valore metodologico e propedeutico. La prima parte, invece, è un vero manifesto della nuova astronomia, in cui compare, filtrato e messo assieme con consapevolezza lucida e rigorosa, tutto quanto era in germe in Keplero, Galilei, Hevelius. Capitolo per capitolo compaiono i presupposti fondamentali dell'astronomia moderna: negazione del carattere divino e fisicamente anomalo dei moti orbitali; unificazione di fisica celeste e terrestre, che implica il ricondurre gli eventi astrali alle stesse leggi esistenti sulla Terra; negazione del loro carattere "naturale", cioè spontaneo; carattere planetario della Terra, ruotante anch'essa attorno al Sole; chiara affermazione del principio di inerzia. Nel cap. XI, *Pronunciata seu principia philosophica* […] *ad intelligendas causas eccentricitatum orbium,* per la prima volta il moto curvilineo è considerato la risultante dell'azione di due forze, una tendente a

[45] Il Brunaccini non aderì alla rivolta antispagnola: il suo nome è elencato tra i Merli, cioè i messinesi rimasti fedeli al governo spagnolo, mentre i filofrancesi erano chiamati Malvizzi (Cuneo 2001, t. I, p. 48).

> proiettare il corpo verso l'esterno ed una ad attrarlo al centro. Delle due forze il Borelli dimostra agevolmente l'esistenza, ma va ancora oltre, chiedendosi di qual natura può essere il legame tra Sole e corpo orbitante; egli identifica tale forza attrattiva con la gravità esistente anche sulla Terra, e prelude così a Newton, che nel *De mundi systemate* lo citerà con stima tra i suoi predecessori (Baldini 1971).

Giacomo Ruffo, studioso di astronomia, perciò aveva potuto apprendere molto dal suo maestro Borelli,[46] anche se «nonostante il Cimento e poche altre esperienze di valore anche notevole, […] l'astronomia italiana della seconda metà del Seicento visse una fase difficile, in quanto perse lo slancio teorico del periodo galileiano» e divenne in prevalenza astronomia descrittiva e di osservazione (Tessicini 2013).

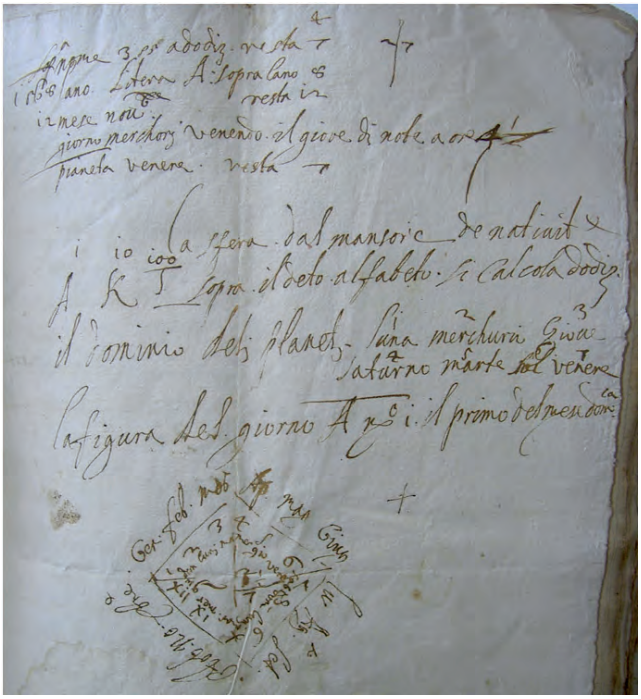


Fig. 1. Archivio di stato Messina, Fondo Avarna di Belviso, vol. 12

Il documento che qui presento, a disposizione degli specialisti, è stato da me rintracciato tra le carte di Giacomo Ruffo presso il Fondo *Avarna* esistente a Messina, perché a mio avviso significativo degli interessi del visconte e della circolazione della cultura in Sicilia nel Seicento.

Si tratta di un oroscopo,[47] vi si legge la posizione dei pianeti il giorno 12 novembre 1668. Il visconte individua la posizione del pianeta Venere, indicata con il numero 7, e

[46] Sugli studi astronomici di Borelli vedi Gualandi (2009, pp. 138 ss.).
[47] Ringrazio il prof. Fabrizio Bònoli per il chiarimento.

numera, rispettivamente a cominciare dal numero 1, la Luna, Mercurio, Giove, Saturno, Marte, il Sole e infine appunto Venere. Forse era un giorno di particolare importanza nella vita di Giacomo?

Certamente possiamo immaginare il visconte scienziato mentre osserva il cielo col suo telescopio, di sera, dal suo studio ricco di pregiati libri e dipinti!

Bibliografia

Arenaprimo G. (1901). *Argenterie artistiche messinesi del secolo XVII*. Firenze: Stab. tipo-litogr. Ramella e C.

Baldini U. (1971). sub voce *Borelli, Giovanni Alfonso*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, Roma: Istituto dell'Enciclopedia Italiana, vol. 12.

Bertoloni Meli D. (1996). *L'attività politica di Giovanni Alfonso Borelli*, in Dollo C. (a cura di) *Filosofia e scienze nella Sicilia dei secoli XVI e XVII. Atti del Convegno* (Catania, 1995). Palermo-Catania: Regione siciliana, vol. I, *Le idee*.

Calabrese M.C. (2000). *Nobiltà, mecenatismo, collezionismo. L'inventario di Antonio Ruffo, principe della Scaletta*. Catania: C.U.E.C.M.

Calabrese M.C. (2014). *L'Epopea dei Ruffo di Sicilia*. Roma-Bari: Laterza.

Carranza N. (1971). *L'università di Pisa nei secoli XVI e XVII*. Pisa: Università degli Studi di Pisa.

Cuneo G. (2001). *Avvenimenti della nobile città di Messina*. Palermo: Regione siciliana, t. 3.

Della Porta G.B. (1592). *Villae libri*. Francofurti: apud Andreae Wecheli heredes, Claudium Marnium, & Ioannem Aubrium.

Di Francesco C. (a cura di) (1998). *Le Sibille di casa Romei, Storia e restauro*. Ravenna: Longo.

Dollo C. (1979). *Filosofia e scienze in Sicilia*. Padova: CEDAM.

Dollo C. (1984). *Modelli scientifici e filosofici nella Sicilia spagnola*. Napoli: Guida.

Favino F. (2010). sub voce *Michelini Famiano*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*. Roma: Istituto dell'Enciclopedia Italiana, vol. 74.

Gagliardo M. (1991). "Le Sibille nel giardino. Un ciclo di affreschi per Giovanni Romei a Ferrara". *Prospettiva*, 64.

Gallo C.D., Oliva G. (1980). *Annali della città di Messina. Nuova edizione con correzioni, note ed appendici del sac. Andrea Vayola,* rist. anastatica dell'edizione Messina: Tipografia Filomena, 1882. Bologna: Forni, voll. III-IV.

Galluppi G. (1877). *Nobiliario della città di Messina*. Napoli: Giannini.

Giarrizzo G. (1989). *La Sicilia dal Cinquecento all'Unità d'Italia*, in D'Alessandro V., Giarrizzo G. (a cura di), *La Sicilia dal Vespro all'Unità d'Italia*. Torino: Utet, vol. XVI (Collana *Storia d'Italia*, diretta da G. Galasso).

Gualandi A. (2009). *Teorie delle comete. Da Galileo a Newton*. Milano: Franco Angeli.

Hall J. (1993). *Dizionario dei soggetti e dei simboli nell'arte*. Milano: Longanesi.

Iacovelli G. (1990). *Giovanni Alfonso Borelli medico alla Corte di Cristina di Svezia*, in Di Palma W., Bovi T. (a cura di), *Cristina di Svezia Scienza e Alchimia nella Roma barocca*. Bari: Dedalo.

Lenzo F. (2005). "Il Campanile di San Gregorio e Paolo Filocamo". *Lexicon. Storie e architettura in Sicilia*, 1, pp. 31-40.

Lipari G. (1985). *Incunaboli e cinquecentine della provincia cappuccina di Messina*. Messina: Sicania, 2 voll.

Macchiarella B. (1985). *Cultura decorativa ed evoluzione barocca nella produzione tessile e nel ricamo in corallo a Messina (sec. XVII e XVIII)*. Messina: Società Messinese di Storia Patria.

Malpighi M. (1687). *De Externo tactus organo exercitatio epistolica ad Jacobum Ruffum,* in *Opera omnia*. Lugduni Batavorum: apud Petrum Vander, vol. II.

Mercuriale G. (1617). *De cognoscendis et curandis humani corporibus affectibus*. Venetiis: apud Iuntas.

Rao e Requesenz S. (1682). *Rime di monsignor D. Simone Rau, e Requesens dedicate all'Illustrissimo il Signor D. Iacopo Ruffo, visconte di Francavilla*. In Venetia: Per li Giunti.

Rondelet G. (1573). *Methodus curandorum omnium morborum corporis humani*. Parisiis: apud Carolum Macaeum.

Ruffo V. (1917). "*La Galleria Ruffo in Messina nel secolo XVII, con molti documenti inediti*", estratto dal *Bollettino d'Arte*, Roma: Ministero della Pubblica Istruzione, X, gennaio-dicembre 1916.

San Martino De Spucches F. (1934-1941). *La storia dei Feudi e dei Titoli nobiliari di Sicilia dalla origine ai nostri giorni*. Palermo: Boccone del Povero, 10 voll.

Tessicini D. (2013). *Astronomia e cosmologia*, in *Il contributo italiano alla storia del Pensiero, Scienze*. [online], URL: <http://www.treccani.it/enciclopedia/astronomia-e-cosmologia_(Il_Contributo_italiano_alla_storia_del_Pensiero:_Scienze)> [data di accesso: 11/05/2016].

Volpi G. (a cura di) (1979). *Acta Graduum Academiae Pisanae. Vol. II: 1600-1699*. Pisa: Università degli Studi di Pisa.

Jacopo Bozza and the electric telegraph in Sicily

Roberto Mantovani - Dipartimento di Scienze Pure e Applicate & Gabinetto di Fisica: Museo Urbinate della Scienza e della Tecnica, Università di Urbino "Carlo Bo" - roberto.mantovani@uniurb.it

Abstract: The Bourbon government began building its first telegraph lines in 1852. The first line starting in Naples headed northward, in order to reach the town of Terracina, a border station in the Papal State as well as a junction point with the papal telegraphic lines leading to Rome. At the same time, other telegraph lines headed south in order to reach the regions of Puglia and Calabria, and in particular the city of Reggio (Calabria), which would then allow Sicily to be connected as well, by means of a submarine cable. Intentions were not immediately followed by facts and the Naples-Reggio line was only completed with some delay, in 1856. At the beginning of 1857 the Bourbon central government appointed a highly skilled specialist, Ernesto D'Amico, as Royal Director (Delegate) in charge of the development of the electric telegraph network service in Sicily. The complex technical-administrative work started promptly and the first "temporary provisions for the performance of the service" were enforced. In December 1857, an *Electric Telegraphy Directorate-General* and a *Scientific Committee* formed by physicists, chemists and mechanics were each established in both Naples and Palermo. In Palermo, both the *Directorate-General* and the *Scientific Committee* dealt with many crucial matters, from the training of the Royal Telegraphic Corps and of local staff, the dispatch taxes and tariffs, the choice of equipment and materials, up to the classification and organization of telegraphic stations. As for the layout of the network lines, coastal routes were chosen. The reason was that the coastal routes had been used until then for visual or optical telegraphy, an ancient, well-organized and well-established coastal communication practice that had allowed for a good defence of the island against raids from the sea. The first Palermo-Messina line was opened in June 1857, and by the end of September, the entire telegraph network was completed, all along the coastal perimeter. At the same time, in January and June 1858, two submarine cables were laid along the Reggio-Messina Strait. After ups and downs related to break-downs, malfunctions, inadequate performance and new cable-laying works (nineteen in total!), the connection with the mainland, until then managed by sea, was finally achieved by cable in 1863.

Keywords: Sicily, Samuel Morse, Telegraphy, Jacopo Bozza, Ernesto D'Amico.

1. Introduction

In 1861, the book *Cenni storici sulla telegrafia elettrica nelle Due Sicilie dalla sua istituzione fino a' nostri giorni* was published in Naples by Jacopo Bozza,[1] a skilful technician and businessman, but also a polemical and controversial character of his time.[2] After a very brief military career as marine officer in Venice and some unfortunate attempts at being an entrepreneur in this city, Bozza moved to Naples shortly after 1851 to embrace the career of telegraphic systems entrepreneur.

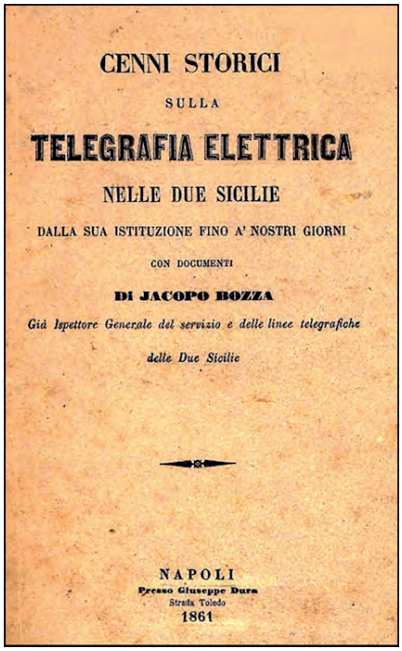

CENNI STORICI
SULLA
TELEGRAFIA ELETTRICA
NELLE DUE SICILIE
DALLA SUA ISTITUZIONE FINO A' NOSTRI GIORNI
CON DOCUMENTI
DI JACOPO BOZZA
Già Ispettore Generale del servizio e delle linee telegrafiche
delle Due Sicilie
NAPOLI
Presso Giuseppe Dura
Strada Toledo
1861

Fig. 1. Frontispiece of Jacopo Bozza's book on the history of electric telegraphy in the Kingdom of the Two Sicilies

From 1856 and until the fall of Francesco II (1859) he built most of the Bourbon electric telegraphy network, including some undersea lines that were the first to be created in Italy and some of the very few in Europe not to be built by the British, who had the monopoly of undersea cable laying. Appointed general inspector of the royal telegraphic service in December 1858, after a series of events that depicted him to Bourbon circles as a poorly qualified technician and a most able speculator, Bozza

[1] Born in 1824, very little is known about Bozza. So far, he has been mostly studied for his pioneering contributions to the birth of the Italian iron metallurgy (Nesti 2010).

[2] His bad reputation as a ruthless speculator began mainly in the post-unification period when Bozza took over the property of Pietrarsa's factory (born in 1840). It was the biggest engineering plant in Italy, but it was already struggling with financial and production problems. To solve these problems, he increased the work-time and reduced salaries and jobs, which sparked a serious riot that ended up in bloodshed.

ended up being charged with spying on the King and arrested. He was released a few days later and, in order to defend himself against the charges, he wrote the aforementioned work which, even if based on a personal and heavily biased point of view, remains one of the most important historical documents for the study of the birth of the telegraphic system in Sicily and Southern Italy.

2. The birth of telegraphy under the Bourbons

According to Bozza's account from the Kingdom of the Two Sicilies, Ferdinando II became acquainted with the emergent electric telegraphy in 1851. The King, immediately understanding the importance of this new technology, ordered the construction of an aerial telegraphic line supported by poles. From Naples, this line headed northwards to reach the town of Terracina, a border station in the Papal State as well as a junction point with the telegraphic lines of that State. It was necessary to quickly link the fast developing telegraphic network of Naples with those of Rome and the rest of Europe. By means of a decree dated June 18, 1852, an "electromagnetic telegraphic line" was established between Naples and Terracina which, starting from the Royal Palace of Naples, reached the railway station of the city and continued along the intermediary stations of Caserta, Capua, Mola and Gaeta. From July 1852 to 1854, starting from the articulated joint station in Cancello (located just a few miles from Naples), the works kept advancing both towards the south and the north simultaneously. To the north, the line of Gaeta was extended until Terracina and connected to the line of the Papal State.[3] To the south, the Nola-Avellino line was extended up to Ariano (1854), in the direction of Puglia, and up to Salerno (1853), in that of Calabria. A priority to this latter line was given: the project was to reach the extreme tip of Calabria, pass the Strait through submarine cables, and thus connect Sicily to the continent. The works began in 1856 on two distinct segments, the Napoli-Cosenza and the Cosenza-Reggio, each with different contractors. The first section, the Napoli-Cosenza line, was entrusted to Errico Pellegrino[4] (1823-?), an engineer of bridges and roads with excellent knowledge of telegraphy. The works on the second segment, the Cosenza-Reggio line, started later, approximately in the middle of 1856, and were entrusted to Jacopo Bozza who, thanks to a very competitive economic offer,[5] convinced the Bourbon government to reward his proposal and thus carried out his first contract[6] in the Kingdom. Since that moment and until the fall of Francesco II, Bozza

[3] At the beginning, the exchange of dispatches was rather difficult because one state used the Morse system and the other one used the Henley system; the latter used a dedicated secret code had to be decoded by the employees who were obliged to keep it in the strictest confidence.

[4] According to the historical account of Bozza, this capable mechanic was very gifted for telegraphy. Thanks to their skills and abilities, he and his fellow-mechanics Giovanni De Normann and Giacomo Arena played a key role in building the very first telegraphic lines around Naples.

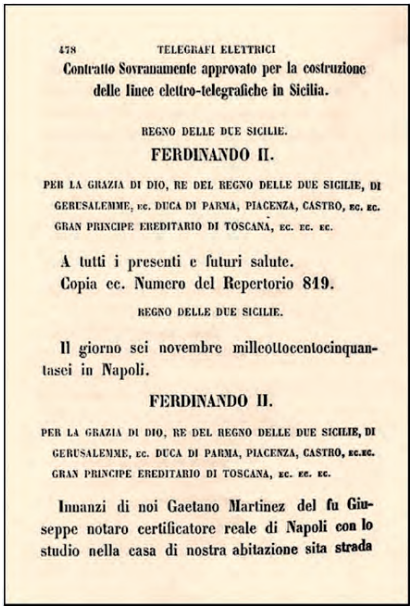
[5] He proposed to build the Cosenza-Reggio Calabria line at the cost of 137 ducats per mile instead of 800 as previously agreed with the Minister of Finances.

[6] Bozza took it upon himself to finish the entire line in four months.

managed to gain the esteem of the Neapolitan authorities, soon obtaining similar contracts in Sicily, in Puglia and Abruzzi. Thus he became the main entrepreneur of the whole telegraphic network of the Bourbon state.[7]

3. The project of a telegraphic network in Sicily

Meanwhile, in 1856, at the time when the works for the Napoli-Reggio line were being carried out, the King ordered that Sicily should also have an electric telegraphy system. Under the direction of Giovanni Cassissi, Minister Secretary of State for the affairs of Sicily and Naples, a committee was created in August that year.



478 TELEGRAFI ELETTRICI

Contratto Sovranamente approvato per la costruzione delle linee elettro-telegrafiche in Sicilia.

REGNO DELLE DUE SICILIE.

FERDINANDO II.

PER LA GRAZIA DI DIO, RE DEL REGNO DELLE DUE SICILIE, DI GERUSALEMME, ec. DUCA DI PARMA, PIACENZA, CASTRO, ec. ec. GRAN PRINCIPE EREDITARIO DI TOSCANA, ec. ec. ec.

A tutti i presenti e futuri salute.
Copia cc. Numero del Repertorio 819.

REGNO DELLE DUE SICILIE.

Il giorno sei novembre milleottocentocinquantasei in Napoli.

FERDINANDO II.

PER LA GRAZIA DI DIO, RE DEL REGNO DELLE DUE SICILIE, DI GERUSALEMME, ec. DUCA DI PARMA, PIACENZA, CASTRO, ec.ec. GRAN PRINCIPE EREDITARIO DI TOSCANA, ec. ec. ec.

Innanzi di noi Gaetano Martinez del fu Giuseppe notaro certificatore reale di Napoli con lo studio nella casa di nostra abitazione sita strada

Fig. 2. Frontispiece of the signature of the contract dated 6th November, 1856, for the piecework construction of the electro-telegraphic lines of Sicily

It was charged to prepare a project to determine the most convenient and effective route for the island's telegraphic lines and to choose the most appropriate stations that would be joined together. The committee, trying to reconcile the different needs of both public and private service, stated that "the electric telegraphy system should run along the existing land roads in order to facilitate maintenance and surveillance, and should connect the most important cities from a government, military, administrative and commercial standpoint" (*Telegrafi* 1857, pp. 471-472). In short, the chosen layout ran

[7] From 1856 to 1859, Bozza built almost 4000 kilometres of telegraphic lines in the Kingdom of the Two Sicilies, also taking on the laying of four or five submarine cables.

along the coastline and covered the entire perimeter of the island, so as to enable communication between "almost all the county seats, the main parade grounds and the most important cities in terms of richness, industry, trade and population". The possibility was then considered to run a submarine cable from Messina all through the Strait, so as to link the island to the mainland and in order to maximize the usefulness of the communications. In the project, Messina was singled out not only as the point of junction with the telegraphic network coming from the coast of Calabria, but also as the place where the works should begin. In fact two different and opposite lines were meant to originate in the city: one along the Tyrrhenian coast and one along the Ionian coast. The first one was to reach Palermo, then pass through Trapani and head to Sciacca;[8] the second one was to reach Siracusa and then proceed through Terranova (nowadays Gela) to finally reach Girgenti (known today as Agrigento).[9] And, according to the project laid out by the committee, it was from this last city that the only deviation towards the inland was to be built, so as to compensate the lack of roads and to reach cities that were considered important and strategic, such as Caltanissetta, Piazza and Caltagirone.[10] The project was approved on August 22nd by the King in the *Ordinary State Council* and immediately transmitted to the lieutenant-general of the Royal Dominions beyond the Lighthouse: the Prince of Castelcicala, Paolo Ruffo di Bagnara. A public bid was announced for the granting of the contract (*Contratto* 1857, pp. 478-502) and Jacopo Bozza contended, along Werner Siemens and Georg Halske[11] from Berlin. Bozza won, as his bid was considered economically more advantageous, and on 6th November 1856 the contract for the piecework building of the telegraph system was signed in Naples (Fig. 2). The contract stipulated that the "best materials" were to be used for building the lines and that the machines using the Morse system "with the recently made improvements" were to be adopted, as well as a clause that required all the works for the entire electric telegraphy network of Sicily to be finished within sixteen months. Bozza took on the responsibility of carrying-out the entire project "at his own expense, risk and danger" and even expressed his willingness to lay a submarine telegraphic cable, which at that time was a trying technical and practical challenge, with high financial risks.[12] Sicily's government immediately appointed as delegate for the Sicilian electric telegraphy one Ernesto D'Amico,[13] a skilful young

[8] More specifically, the projected stations along the Tyrrhenian coast were: Milazzo, Patti, S. Stefano, Cefalù, Termini, Palermo, Alcamo, Trapani, Marsala, Mazzara and Sciacca.

[9] The stations along the Ionian coast and the Sicilian Sea were: Taormina, Catania, Augusta, Siracusa, Noto, Modica, Terranova, Licata and Girgenti.

[10] According to the project, the only inland line was to be the Girgenti-Catania line, as proven by Marzolla's telegraphic map (see Fig. 6). But that route was changed sometime in the first months of 1858.

[11] Founded in 1847, the Siemens and Halske Company quickly became the leader in the building of telegraphic lines and equipment in all of Europe.

[12] The development of underwater telegraphy started in 1850, thanks to the decisive contribution of the British. However, the first cable laying attempts were unsuccessful and important financial resources were wasted.

[13] D'Amico (1826-1896) issued from an ancient and noble Sicilian family, became the general director of telegraphs in the Kingdom of Italy in 1865 and occupied this position until 1886. He had the merit of validating the Morse system and of expanding the Sicilian network to no less than 1100 km and 28 offices, in only three years.

man with both technical and administrative competences. His task was to supervise the building of the lines and to verify the gear and the materials upon their arrival. This way, during this crucial and delicate initial phase, lieutenant-general Paolo Ruffo di Bagnara, who had both civilian and military powers and commanded the telegraphs (considered as military equipment), could count on the support of a first-rate technician such as D'Amico for all matters technical and scientific. And, in case of potential controversy regarding the quality of the materials employed or in matters of compliance to the execution rules, he could count on the judgement of the administration of Sicilian engineers of bridges and roads.

4. The organisation of the telegraphic service in Sicily

Starting with the first months of 1857, the technical-administrative procedures were initiated and the first provisions for commissioning the service were issued. On 25th April of the same year, in Palermo, lieutenant-general Castelcicala issued the firsts "provisional instructions"[14] of the service, reserving the right to "bestow definitive approval after affecting the modifications that experience would suggest". On 13th November 1857, Castelcicala wrote: "As soon as the electric telegraphy service was initiated in Sicily, the need arose for rules that would regulate payment methods, the tools for controlling the stations' accounting operations and for keeping track of the tallies between Sicily and the mainland" (*Regolamento* 1857, p. 3). However, these were temporary provisions that had been issued either in order to commission the service, or to assess its difficulties and to improve its effectiveness. The organisation of the entire Bourbon telegraphic network needed to be rendered more functional one geographic area at a time. To this end, in December 1857, a Directorate General for Electric Telegraphy and a Scientific Advisory Committee were each established both in Naples and in Palermo. The Directorate General was in charge of supervising the ongoing construction works and of managing the supply of the telegraphic service from an economic, technical and administrative standpoint, in the two Royal Dominions. The Palermo-based Directorate was placed under the command of Lieutenant-General Castelcicala and the Scientific Advisory Committee composed of professors of physics, chemistry, applied chemistry and mechanics, joined its forces to the Directorate's in order to advise the lieutenant-general on "the doubts that may arise in reference to the functioning of the Electro-Telegraphic service, on the application of physical and mechanical theories and on the improvements that might become necessary as a consequence of new discoveries" (*Organamento* 1858, p. 698).

For administration purposes, the Sicilian network was broken down into areas called "divisions", each under the command of an inspector and having a maximum length of one hundred Naples miles (185 km). Within the same "division", the telegraphic stations were further classified into three categories: 1st class stations,

[14] They referred to some interesting aspects, such as dispatch transmission and reception methods, fees, the management of consumable materials and general administration accounting, which fell in the competence of the ministry of finances (*Approvazione* 1858, pp. 665-693).

which were open day and night, 2nd class stations for day-time service only, and 3rd class stations that were reserved for the exclusive use of the Royal Government. Inside the stations, the reception-transmission of the messages was entrusted to military officials from the Royal Telegraphic Corps, the so-called technical clerks, who were divided in interpreters and signallers.

REGOLAMENTO PROVVISORIO
PER
LA CONTABILITÀ
DELLA
TELEGRAFIA ELETTRICA
DI SICILIA.

Fig. 3. Booklet containing the accounting regulations applicable to electric telegraphy in Sicily, published in Palermo at the end of 1857

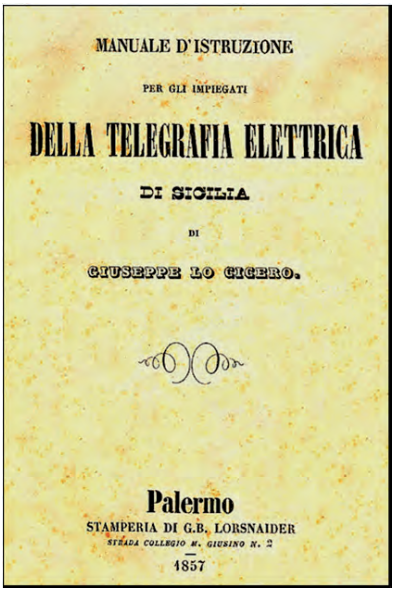
The latter were in charge of the maintenance of the machines and of dispatching private messages, while interpreters were in charge of managing confidential, government and diplomatic messages, namely of composing and interpreting codified correspondence.

5. The Morse system in Sicily

As a matter of general knowledge, in Europe the first Morse machines were introduced in 1851 by the Austro-German Telegraphic Union which also comprised the territory of Lombardy and Veneto, the Extended States, and the Dukedom of Parma and Piacenza. Successively, the Morse system was also adopted in the Papal State. In Sicily, as we have already shown, the choice of the Morse system had been provided for by the committee in charge of drawing up the telegraph layout as early as the second half of 1856.

In the contract for the execution of the works, Bozza was required to provide each telegraphic station with a well lined with masonry, on the bottom of which the metal mass for grounding the telegraphic circuit was to be buried; usually, the metal mass was a rather large copper plate. Furthermore, the contract also required that each

telegraphic station be provided not only with the necessary furnishings and with various materials for repairing the lines, it also had to be equipped with two complete sets of Morse machines, each with its own batteries which, in their turn, had to be guaranteed to function for at least one year. The cost of each set, comprising the various accessories for the necessary repairs and the spare parts, was established at 160 ducats.


MANUALE D'ISTRUZIONE

PER GLI IMPIEGATI

DELLA TELEGRAFIA ELETTRICA

DI SICILIA

DI

GIUSEPPE LO CICERO.

Palermo

STAMPERIA DI G.B. LORSNAIDER

STRADA COLLEGIO M. GIESINO N. 2

1857

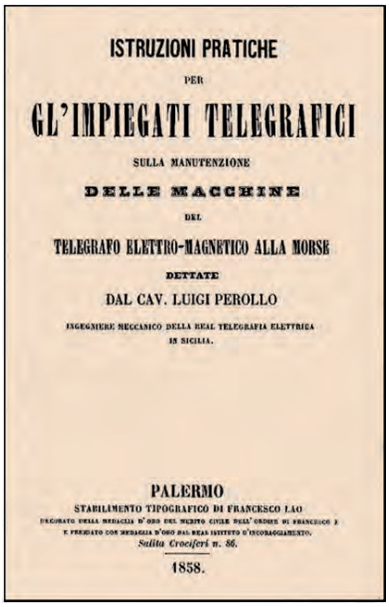
Fig. 4. Frontispiece of the instructions handbook for Sicilian telegraph operators, published by Lo Cicero at the end of 1857

As for the Morse model to be adopted, Bozza was asked to make a proposal and showcase a sample-machine on which the government would then give its final approval. Bozza proposed the new Morse telegraphic machine sold by the Bern-based instrument maker Mathäus Hipp[15] (1813-1893). The machine was accepted by the Government and the Swiss instrument maker became the main supplier of telegraphic machines for the emergent Sicilian telegraphic system.[16] Once the first materials were secured, there was still the matter of the technical training of the local staff. A very first provision was made in the State Council of January 22nd, 1857 that a considerable number of officers be trained under Bozza's supervision "to handle the Morse

[15] As excellent precision instrument maker, Hipp took an interest in telegraphy starting from around 1850. In 1852 he was appointed by the Swiss Federal Council at the head of the Workshop for the construction of telegraphs, a newly constituted structure based in Bern, and technical director of the Administration of Swiss Telegraphs.

[16] In this respect, the writings of Weber and Favre (1895-1896, p. 224) are quite interesting: "En 1856, le gouvernement napolitain fit une étude comparative de tous les systèmes en usage en Europe, et se décida pour les appareils suisses. Le même système fut adopté par la Sicile, les Etats pontificaux, et enfin le reste de l'Italie".

mechanism" (*Provvedimenti* 1858, pp. 663-664). A great number of those officers were chosen from the ranks of the Royal Corps for optical and visual telegraphy, on the basis of certain selective criteria.


ISTRUZIONI PRATICHE

PER

GL'IMPIEGATI TELEGRAFICI

SULLA MANUTENZIONE

DELLE MACCHINE

DEL

TELEGRAFO ELETTRO-MAGNETICO ALLA MORSE

DETTATE

DAL CAV. LUIGI PEROLLO

INGEGNIERE MECCANICO DELLA REAL TELEGRAFIA ELETTRICA IN SICILIA.

PALERMO

STABILIMENTO TIPOGRAFICO DI FRANCESCO LAO

DECORATO DELLA MEDAGLIA D'ORO DEL MERITO CIVILE DELL'ORDINE DI SAN GIACOMO E E PREMIATO CON MEDAGLIA D'ORO DAL REAL ISTITUTO D'INCORAGGIAMENTO.

Salita Crociferi n. 86.

1858.

Fig. 5. Frontispiece of the practical instructions for the maintenance of telegraphic machines in Sicily, published by Perollo at the end of 1858

Optical and visual telegraphy was an old coastline communication technique, well rooted and organised, which had previously proven effective in the defence of the island against attacks coming from the sea. However, impromptu solutions aside, the problem remained of organising training courses and publishing materials for a systematic basic training on all aspects of the Morse system and, more generally, on the theoretical and practical principles of electric telegraphy. In order to meet this requirement, the Government of Sicily initiated a course for the training of technical personnel to be employed in the Sicilian telegraphic system. The charge was entrusted to Giuseppe Lo Cicero,[17] who was already a member of the telegraphic committee of Sicily. Lo Cicero started his training programme[18] in 1857 and repeated it over the following years, until 1861. In order to facilitate learning, Lo Cicero published a

[17] Lo Cicero (Carini 1898-Palermo 1887) first taught metaphysics and mathematics in the public school of Carini, his native town, then taught mathematics and physics at the Archbishop's Seminary of Monreale. In 1851 he embarked on a ten-year university career in Palermo, where he first served as a "physics demonstrator" until 1856; between 1857 and 1861, he served as an *ad interim* physics professor. In 1861 he left the university in order to dedicate himself to secondary-level education, which he steadily served until his death (Riccò 1891, pp. 3-22).

[18] The course, offered freely, lasted for eight months.

telegraphic handbook (Lo Cicero 1857, Fig. 4), in the first year of teaching the course; he then had it republished in a new, revisited and extended version, in the last year of the training programme (Lo Cicero 1861), before he left the field of university education permanently. The 1857 handbook was essentially a concise experimental physics course, divided into 4 parts, allowing only for the theoretical and practical study of electricity and magnetism. This, however, was not relevant for the preparation and, more importantly, for the maintenance of the machines, a matter that was far from unimportant and was in fact a source of great concern. The main points of this matter were dealt with by word of mouth or through the dictation of brief, handwritten instructions.[19] In order to fill this technical and administrative void, in 1858, Luigi Perollo, a mechanical engineer of the Royal telegraphic corps of Sicily, published a brief handbook (Perollo 1858, Fig. 5). This consisted of only about fifty pages,[20] containing practical instructions for the maintenance of the machines that were in service in the telegraphic stations of Sicily. The small handbook also provided a precise and lively description of the parts composing the set of Morse machines acquired from Hipp and approved by the Scientific Advisory Committee of Palermo. Finally, as concerns the Morse devices that were used, let us briefly refer to two of them: the receiver or writing machine and the current generator. The writing machine was of the dry printing type[21] and had suffered several modifications at the hands of the Swiss instrument maker which rendered it particularly effective and innovative. Specifically, the gearing that set the paper strip in motion[22] was not actuated by weights, as had been the case with previous models, but by means of a clock spring. The device, which presented five screw-terminals,[23] could be transformed into a translation machine[24] and several Morse messages could be inscribed in parallel rows on the same paper strip (Lo Cicero 1857, pp. 89-91). Equally innovative turned out to be the choice of the battery used in Sicily. Indeed, this choice largely benefitted from the work done in the field by Ernesto D'Amico, the delegate to Sicilian telegraphy, who, in order to fix a malfunction[25] of the Daniell battery, proposed a modified model called "Daniell

[19] For example, Bozza dictated some instructions on the maintenance of electric batteries which were circulated in the telegraphic stations of Sicily. These instructions were then published in the Luigi Perollo's handbook (Perollo 1858, Articolo VIII, pp. 25-44).

[20] Prior to its publication, this work was most likely circulated as a handwritten booklet.

[21] A tip of steel fixed in the pen holder printed in relief the points and lines of the Morse code on the paper strip. In the first years after the unification of Italy, this model was replaced by one that printed in ink, which, provided the operators were very skilled, could produce 18-20 words a minute.

[22] More precisely, the strip passed between two cylinders that moved in opposite directions. The strip moved forward as a result of friction.

[23] The first three terminals performed the same functions as those which were present in the Morse key, while the last two were connected to the local battery and charged the pair of electromagnets inside the machine.

[24] The translation mode of Morse signals didn't require any operators and could automatically process an incoming dispatch, retransmitting it to the next station. Essentially, the printing point acted as a Morse key. This method rendered the relay of a dispatch quicker and avoided all possible mistakes due to the repeated manual resend operations.

[25] The porous vessel of the Daniell battery presented the inconvenient that, in time, its very permeability diminished as the pores were clustered by copper, which caused the battery to start functioning poorly or even stop working altogether. To eliminate this defect were designed several variants of the Daniell cell without diaphragm, also called "gravity battery", the main of which were the Minotto, the Callaud, the D'Amico and Candido.

without diaphragm". At first, this model was only used in Sicily, but after the Italian Unification, given its many qualities,[26] it was adopted by the Italian telegraphic administration and was named the "D'Amico battery", or the "Italian battery".[27]

6. The construction of the Sicilian network and the submarine cables

The works for the Sicilian telegraphic network started in December 1856 and by June 1857 Bozza had already managed to finish and open the Messina-Milazzo-Patti-S.Stefano-Cefalù-Termini-Palermo line to the public. However, the official inauguration of that segment only took place on October 15th, 1857, with a significant delay that was customary in the Kingdom of the Two Sicilies, on occasion of Queen Maria-Theresa of Austria's name-day. Between June and September 1857, Bozza continued working, first along the Western and Southern coasts,[28] then along the Ionian coast[29] to the east, in order to unite the two segments at the end of September 1857, in the city of Modica. Finally, in February 1858 the two internal ramifications[30] were completed, namely the Girgenti-Caltanissetta and the Terranova-Caltagirone-Piazza lines. In the meantime, in October 1857 discontentment broke out among the traders of Palermo, Messina and Catania. In fact, the messages were dispatched to Messina, where they crossed the strait by boat and arrived at Naples or abroad with great delays, mostly because of the scarce effectiveness of the Henley machines[31] that were in service on the Calabria segment. To solve this inefficiency, lieutenant Ruffo and D'Amico came into play and were granted a contract by Ferdinando II for running a submarine cable under the Strait of Messina. After some resistance from the central administration, the contract was finally entrusted to Jacopo Bozza. Thus, the cable was run through the Reggio-Messina Strait in January 1858, between the station at the Church of Canitello (Reggio) and the second tower of Ganzirri (Messina), which is a 3 km run. For the purpose, Bozza used a submarine cable that had been already purchased in London by the Bourbon government, in 1855, and that was being stored at the Arsenal while

[26] One of the most important such qualities was the constant supply of electricity over very long periods of time, as long as four or five months; the only precaution necessary was to replenish the copper sulphate crystals on the bottom of the container from time to time.

[27] This battery had the same structure as the Callaud battery, but was set apart by the fact that the glass vessel had a central constriction. It contained two liquids in contact – a saturated solution of copper sulphate and water that had been acidified with sulphuric acid – which remained separated by virtue of their different densities, and two electrodes, one of zinc and one of copper, shaped as a foil cylinder with a vertical slit and as a thick thread or strip, respectively. First, water was poured into the vessel, then, slowly, a solution of copper sulphate which, weighing more, would deposit on the bottom of the recipient (Ponzoni 1873, pp. 7-11).

[28] After the Messina-Palermo line, the segment was continued so as to include the towns of Trapani, Sciacca, Girgenti, Licata and Terranova.

[29] From Messina it was prolonged towards Catania, Siracusa and Noto.

[30] As already mentioned (see note 10), a single inland line was provided for in the original project, namely the Girgenti-Caltanissetta-Piazza-Caltagirone-Catania line.

[31] These machines, completely unsuitable for long telegraphic segments, with their frequent malfunctions, constituted the Achilles' heel of the Bourbon telegraphic system, especially along the lines of the Tyrrhenian dorsal and at least until the end of 1858.

waiting for a worthy opportunity to be used.[32] In order to achieve this delicate task, Bozza had to modify the war brig Principe Carlo, so as to transform it into a cable laying ship, and to furnish it with the electrical machinery[33] and instruments that were needed for testing the integrity of the cable during the cable-laying procedure.

Fig. 6. The telegraphic network in Sicily at the end of 1857. Detail from Benedetto Marzolla, *Carta della telegrafia elettrica in Europa*, Naples 1857[34]

This connection functioned for 9 months, then it was broken and repaired, but in April 1860 it was broken again and was subsequently abandoned. In the meantime, in order to render communications swifter, the Bourbon government struck an agreement with Bozza to have a second submarine cable driven through the Strait,[35] which happened on June 2nd 1858, on a longer route connecting the Messina Citadel to the Reggio new fort, on a total distance of approximately 11 km.[36] This connection remained in service until the end of November 1860, when it too was abandoned, and, until April 10th 1861,[37] the Strait was once more crossed by boat. All these problems were caused by the rocky bottom of the Strait and by the strong currents that engendered frequent tear-

[32] It was a three conductor cable, about 4 miles long, rather heavy at about 9 tons per mile, purchased from Glass, Elliot & Company at the government's expense.
[33] Most notably, he designed a gigantic cable-laying wheel with brakes, weighing 4 tons, the parts for which were ordered from the machine shops of Pietrarsa and from a privately owned establishment (Zino Henry) and then assembled in the Naples Arsenal.
[34] The map is a detail of a lithograph by B. Marzolla (1801-1858), a cartographer and geographer who served as an army engineer at the Reale Officio Topografico della Guerra in Naples.
[35] This one-conductor telegraphic cable, some 20 km long, was also purchased in England from Glass, Elliot & Company.
[36] This cable laying procedure and the previous one were closely monitored by a commission from the University of Naples, appointed by the government and composed of Luigi Palmieri, Giuliano Giordano and Raffaele Napoli. The commission was supposed to monitor the works that were being done and to draw up the final reports, in order to validate the reimbursement of the expenses incurred by Bozza.
[37] In that year, the government laid two new one-conductor cables but they were already broken the following year.

ups of the cables.[38] In 1863, in order to avoid the strong currents, a cable was extended outside of the Strait, on a longer itinerary, between the little towns of Bagnara Calabra (Calabria) and Torre Faro (Sicily). The choice proved to be the correct one and this cable worked well for more than twenty years.

Bibliography

Approvazione di istruzioni provvisorie per la telegrafia elettrica in Sicilia & Istruzioni provvisorie pel servizio della telegrafia elettrica (1858), in *Raccolta di disposizioni di massima per le amministrazioni finanziarie di Sicilia per l'anno 1857*, vol. II. Palermo: Tip. Bernardo Virzì, pp. 665-693.

Bozza J. (1861). *Cenni storici sulla telegrafia elettrica nelle Due Sicilie dalla sua istituzione fino a' nostri giorni*. Napoli: presso Giuseppe Dura.

Contratto sovranamente approvato per la costruzione delle linee elettro-telegrafiche in Sicilia (1857), in *Raccolta di sovrane determinazioni organiche e regolamentarie per le amministrazioni finanziere di Sicilia dal mese di giugno 1855 a tutto dicembre 1856*. Palermo: Tip. Bernardo Virzì, pp. 478-502.

Lo Cicero G. (1857). *Manuale d'istruzione per gli impiegati della telegrafia elettrica di Sicilia di Giuseppe Lo Cicero*. Palermo: Stamperia di G. B. Lorsnaider.

Lo Cicero G. (1858). *Varie descrizioni sulla telegrafia elettrica di Giuseppe Lo Cicero*. Palermo: G.B. Lorsnaider.

Lo Cicero G. (1861). *Lezioni per gli aspiranti agl'impieghi della telegrafia elettrica del Prof. Lo Cicero*. Palermo: Stabilimento Tipografico-Librario dei fratelli Pedone Lauriel.

Nesti A. (2010). "Jacopo Bozza: imprenditore siderurgico nell'Italia postunitaria". *Ricerche storiche. Rivista quadrimestrale*, 40 (3), pp. 533-546.

Organamento del servizio della Telegrafia Elettrica nell'una e nell'altra parte dei Reali Domini (1858), in *Raccolta di disposizioni di massima per le amministrazioni finanziere di Sicilia per l'anno 1857*, vol. II. Palermo: Tip. di Bernardo Virzì, pp. 695-710.

Perollo L. (1858). *Istruzioni pratiche per gl'impiegati telegrafici sulla manutenzione delle macchine del telegrafo elettro-magnetico alla Morse dettate dal Cav. Luigi Perollo ingegnere meccanico della Real Telegrafia elettrica in Sicilia*. Palermo: Stabilimento tipografico di Francesco Lao.

Ponzoni A.B. (1873). *Guida Teorico-Pratica al servizio telegrafico ad uso degl'incaricati ed ausiliarj*. Milano: Galli e Omodei Editori-Libraj.

Provvedimenti per l'attuazione del servizio della telegrafia elettrica (1858), in *Raccolta di disposizioni di massima per le amministrazioni finanziarie di Sicilia per l'anno 1857*, vol. II. Palermo: Tip. di Bernardo Virzì, pp. 663-664.

[38] In order to get an idea of the difficulties they encountered, it suffices to say that between 1858 and 1882 no less than 19 cables were laid and broken in the Strait!

Riccò A. (1891). "Sulla vita e sulle opere del defunto socio Cav. Prof. Giuseppe Lo Cicero". *Atti della Reale Accademia di Scienze, Lettere e belle Arti di Palermo*, 3 (1), pp. 3-22.

Regolamento provvisorio per la contabilità della Telegrafia Elettrica di Sicilia (1857). Palermo: Stabilimento tip. di Francesco Lao.

Telegrafi elettrici. Itinerario e stazioni dei fili elettro-telegrafici (1857), in *Raccolta di sovrane determinazioni organiche e regolamentarie per le amministrazioni finanziere di Sicilia dal mese di giugno 1855 a tutto dicembre 1856*. Palermo: Tip. Bernardo Virzì, pp. 471-474.

Weber R., Favre L. (1895-1896). "Matthäus Hipp 1813-1893". *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel*, 24, pp. 211-239.

La diffusione del sistema metrico decimale in Sicilia

Francesca M. Lo Faro - associata SISFA - francesca.lofaro@virgilio.it

Abstract: Il sistema metrico decimale, introdotto nel 1861 nel Regno d'Italia, rispondeva alla necessità di assicurare la coesione (economica, sociale e civile) necessaria premessa all'unificazione politico-amministrativa del giovane Stato. L'adozione del nuovo sistema di misura trovò, però, ostacoli, come attesta l'esperienza di Gaetano Marini, verificatore di pesi e misure nell'agrigentino, autore di una vivida testimonianza, rivelatrice dell'impatto che il metro ebbe sulla dimensione politica e sociale dell'epoca. L'adozione di una misura unica ed omogenea sortì effetti anche sul catasto e, di conseguenza, sulla fiscalità; i grandi possidenti, ovviamente, cercarono di opporvisi e trassero dalla molteplicità di misure un'opportunità per eludere le imposte sulle proprietà fondiarie. Carlo Afan De Rivera, in qualità di direttore generale del Corpo degli Ingegneri di Ponti e Strade del Regno delle Due Sicilie, espresse al riguardo alcune pregnanti osservazioni, che fanno da base al presente saggio.

Keywords: Sistema metrico decimale, Sistema metrico siculo, Legge 6 aprile 1840, Pesi e misure, Catasto.

Nel centro storico di Palermo, in piazza Fieravecchia, si erge Palazzo Scavuzzo, un antico edificio che ha sulla facciata una grande epigrafe con inciso il ragguaglio tra le unità di misura siciliane e il sistema metrico decimale (SMD). Quell'iscrizione fu posta il 28 aprile 1862 e serviva a rammentare ai frequentatori delle bancarelle del vicino mercato che i tempi erano cambiati e che, nell'appena istituito Regno d'Italia, per le transazioni commerciali, bisognava abbandonare gli usi del passato e utilizzare le nuove monete e le nuove unità di misura. I litri, i metri, i chili presero dunque il posto delle antiche *quartare*, *palmi*, *rotoli*. La moneta in corso divenne la lira. Si attuò così un cambiamento radicale, in anni in cui, fatta l'Italia, bisognava – secondo la famosa espressione di D'Azeglio – «fare gli italiani».

Appunto per «fare gli italiani», il ministro di Agricoltura e Commercio, il siciliano Filippo Cordova, aveva proposto l'introduzione nella Penisola del SMD, poi adottato con legge 28 luglio 1861; fu questa una delle prime norme approvate dal Parlamento nazionale, che servì ad assicurare la coesione – economica, sociale e civile – necessaria premessa all'unificazione politico-amministrativa del giovane Regno.

Giusto nello stesso periodo in cui, a Palermo, si apponeva la targa di Palazzo Scavuzzo, in un'altra parte della Sicilia, a Bivona, nell'agrigentino, prendeva servizio

un funzionario del nuovo Stato unitario. Il suo nome era Gaetano Marini e agli occhi di tutti appariva come un giovanotto d'origine marchigiana, mandato dal governo sabaudo in Sicilia con la mansione di verificatore di pesi e misure. Il Marini – che aveva preso parte all'impresa dei Mille come volontario garibaldino – era un uomo d'azione e tentò di «fare gli italiani» per dovere d'ufficio, pretendendo l'immediata introduzione del metro, del chilo e del litro (Marchese 2008).

In qualità di verificatore, non se ne stette con le mani in mano. Voleva che la legge non restasse lettera morta. Spronò ogni sindaco del circondario di Bivona a provvedersi di nuove misure legali. Auspicò che almeno una decina di artigiani del luogo imparasse a riprodurre attrezzi graduati per i nuovi pesi e misure. Progettò una scuola serale per l'istruzione popolare. Pretese che le amministrazioni comunali acquistassero gli strumenti di precisione presso la ditta torinese dei Fratelli Mure, un'azienda di punta che aveva fatto fortuna con la fabbricazione di bilance e utensili graduati congegnati per ottemperare all'introduzione del SMD in Italia.

Nonostante tanta attività, Gaetano Marini trovò ostacoli. I sindaci, inetti e fiacchi, «mostrano il broncio» al SMD e, soprattutto, non volevano comprare la *misura della leva*, «uno strumento per niente simpatico in Sicilia» (Marini 1864, p. 32), giacché serviva a determinare l'altezza dei coscritti e perciò rendeva più difficile manipolare gli esoneri, ottenuti spesso facendo ricorso alle imprecise misure tradizionali. L'uso del metro era dunque, di fatto, ostacolato dal clientelismo; e i forti interessi dei maggiorenti di Bivona ebbero inevitabilmente la meglio sullo zelo del giovane impiegato.

Non deve stupire, dunque, se il verificatore di pesi e misure, per la sua audacia modernizzatrice, il 16 settembre 1863 fosse sospeso dall'impiego e, dopo la destituzione, sottoposto a processo. Al giudice Gaetano Marini dimostrò di esser una testa calda, «un ragazzaccio un po' franco» (Marini 1864, p. 76) che, con i suoi venticinque anni di età, trasudava una sprezzante esuberanza giovanile, che era però encomiata dalle alte sfere del governo centrale.

A testimonianza della sua esperienza, Gaetano Marini pubblicò un resoconto, che è anche una documentazione per noi divertente del suo impiego di verificatore di pesi e misure. La memoria, colma di canzonature e sberleffi, s'intitola non senza ironia *Un buco nell'acqua. Ovvero le debolezze, le malizie, gli intrighi, gli errori, e le camorre, in varie amministrazioni della Sicilia. Frammenti di scandalosa cronaca contemporanea* (Marini 1864). In questo libello polemico il giovane marchigiano racconta le sue tribolazioni per introdurre il metro a Bivona, con episodi che richiamano alla mente le migliori pagine di Andrea Camilleri (quello de *La concessione del telefono*, o de *Il birraio di Preston*) che pure ambienta le sue storie nell'entroterra agrigentino, un angolo di mondo descritto dal Marini come patria di corruzione, di tradizioni retrive, di superstizione e, soprattutto, di fanatismo religioso. Anche lo status sociale delle donne suona come un atto di accusa contro l'Isola, che – come avverte il Marini – sembra ferma al Seicento, al pari della Lombardia de *I promessi sposi*.

Agli occhi del verificatore di pesi e misure, la Sicilia è un mondo incomprensibile, che nel giro di pochi mesi era passato dall'entusiasmo per l'impresa garibaldina del 1860 all'ostilità più viva nei confronti del nuovo Stato unitario.

La renitenza alla leva militare si abbinava alla mancata adozione del SMD. Il gran rifiuto dell'esercito si esprimeva con il rigetto del metro, dei centimetri e dei millimetri, usati per misurare l'altezza dei coscritti. Contro i disertori, il governo attuò ripetute e massicce operazioni di rastrellamento. Ma – si badi – i siciliani abbracciavano volentieri le armi, se motivati: in epoca risorgimentale, la Campagna militare nell'Alta Italia del 1848-1849 aveva visto volontari siciliani combattere contro l'Austria e gli eserciti asburgici. Era un passo verso l'Unità d'Italia. Nel 1862, molti siciliani scelgono di entrare nelle file garibaldine della spedizione di Aspromonte e, al grido di «O Roma O Morte», marciano verso il nord, trovando però un ostacolo nei reparti dell'esercito italiano.

Proprio nei mesi successivi ad Aspromonte, Gaetano Marini, alludendo al metro, dichiarava: «Il governo commise il grave errore coll'accordare in Sicilia sempre proroghe all'attuazione del Sistema Metrico Decimale» (Marini 1864, p. 78). Difatti, le proroghe furono numerose. La legge del 28 luglio 1861 – quella che introduceva il SMD in Italia – entrò in vigore soltanto con il decreto 20 maggio 1877.

La scarsa applicazione del metro proseguì ancora a lungo. Per molti lustri, gli scaffali delle librerie esposero come novità editoriali le tavole di ragguaglio tra il SMD e le antiche misure in uso nelle varie parti della Penisola. Autori di tali pubblicazioni erano matematici, fisici, astronomi: scienziati tutti particolarmente sensibili, per la loro professione, al problema della misura; ma anche uomini di scienza che in passato avevano dato il loro contributo al risorgimento politico italiano e che adesso, nel nuovo contesto unitario, continuano a offrire il loro sostegno al risorgimento economico e alla modernizzazione dello Stato italiano e dei suoi apparati, anche attraverso la diffusione capillare del SMD.

Tra questi intellettuali votati al rinnovamento, si annovera in Sicilia l'astronomo Angelo Agnello,[1] il quale, dopo il suo probabile coinvolgimento nella rivoluzione del 1848, diviene, nel 1862, Ispettore di Prima classe di Pesi e misure delle Province siciliane, con l'incarico di rivedere i quadri di ragguaglio relativi ai circondari dell'isola, compilati dall'Ufficio metrologico di Torino. Autore di articolate tavole di ragguaglio, pubblicate più volte, offre alle stampe, nel 1877, in terza edizione, la *Riduzione di tutte le misure consuetudinarie di Sicilia* […] *nelle misure metrico-decimali e viceversa* (Agnello 1877).

Sostenitore di principi liberali è anche Domenico Martines (nato nel 1813), un messinese, colonnello borbonico prima, garibaldino poi, autore di *Rudimenti di metrologia ad uso delle scuole di Sicilia* (Martines 1864), edito più volte.

Nonostante la diffusione nelle aule scolastiche dei manuali del Martines o di altri sussidiari, l'uso del SMD in Sicilia, a causa del massiccio analfabetismo, rimane ai margini. Lo stesso corpo docente delle scuole primarie, da parte sua, nonostante gli incalzanti programmi ministeriali, non brillava per idoneità e competenza se nel 1893 l'ingegnere ragusano Filippo Nicita, autore delle *Tavole di Ragguaglio dei Pesi e delle*

[1] Nato nel 1824, responsabile della strumentazione conservata nell'Osservatorio astronomico di Palermo, Angelo Agnello è noto per i suoi calcoli dell'eclisse del 22 dicembre 1870. Il Parlamento generale di Sicilia, nel 1848, dichiarò don Angelo Agnello «dispensato dal concorso per poter occupare una piazza di primo tenente nel Corpo del Genio dell'esercito nazionale, sottoponendosi ad esame» (*Collezione di leggi e decreti* […] 1848).

Misure già in uso nelle Provincie Siciliane, poteva osservare: «Di tutti i maestri elementari del Regno, e non intendo fare loro un torto, appena il dieci per cento conosce i ragguagli delle nuove colle vecchie misure» (Panebianco 2010, p. 11). Il SMD era ignorato nelle piccole compravendite di generi minuti, fatte quotidianamente a uso delle famiglie; e, rilevando il fenomeno, l'ingegnere aggiungeva: «La diffusione del sistema metrico decimale cammina tanto lentamente, che per fare sparire del tutto le vecchie misure ci vorranno parecchie altre generazioni» (Panebianco 2010, p. 11).

L'ingegner Nicita non aveva torto. Basti rimarcare che le sue tavole di ragguaglio furono ripubblicate, con aggiunte, addirittura nel 1938, segno che a quell'epoca era ancora necessario comparare gli ettari e le are del SMD con le antiche – ed evidentemente ancora in uso – misure agrarie dell'altopiano ragusano fatte di *tumoli*, *mondelli*, *coppi*, *garozzi* e *garozzelli*.[2]

La mancata applicazione del SMD nelle minute contrattazioni, dunque, proseguì anche dopo il 1875, anno in cui il Regno d'Italia aderì alla *Convenzione del metro*, che proclamava il SMD come misura *universale*, accettata da tutti gli Stati anche per ragioni di ordine pratico: infatti, la divisione decimale agevola i calcoli evitando le frazioni, con vantaggi evidenti per gli ingegneri e per le categorie professionali affini (Favaro 1826, p. 144).

Proprio la praticità del SMD era stata sottolineata in Sicilia, fin dal 1811, in seno alla *Deputazione metrica* di Messina, da Carmelo La Farina (1786-1852), padre di Giuseppe, futuro patriota e ministro nel 1848 di Guerra e Marina (La Farina 1811).[3]

Un entusiasta fautore del SMD fu anche l'economista siracusano Saverio Scrofani (1756-1835). Costui, al tempo in cui viveva in Francia (1808), auspicò che i parroci, i curati, i vescovi, diffondessero dal pulpito il nuovo sistema di misura – e, così dicendo, si fece anticipatore dei cosiddetti "Santi sociali", cioè degli ecclesiastici piemontesi, come Giovanni Bosco, che a metà dell'Ottocento diedero un contributo alla diffusione del SMD e della cultura tecnica. Saverio Scrofani propose l'adozione del SMD per ragioni di ordine politico e commerciale, non ignorando che a quell'epoca il metro era connotato in senso ideologico, perché figlio della Rivoluzione francese (Scrofani 1808).[4]

Proprio tale connotazione non era ignota ad Ignazio Di Napoli, professore di geometria nell'Ateneo di Catania. Costui, nella seduta della Accademia Gioenia del 20

---

[2] In Sicilia sino ai nostri giorni continua l'impiego delle vecchie misure e, per abitudine, la terra si calcola a *tomoli*, l'olio si compra a *cafisi*, il grano a *salme*. L'ingegnere Filippo Nicita, citato nel testo, fu anche un appassionato di astrofisica e alla fine del 1899 fu testimone di un curioso fenomeno atmosferico: cioè la caduta di "polvere di stelle" su Ragusa (Nicita 1905).

[3] La *Relazione* di La Farina (1811) è anche inserita nel periodico «Il fa per tutti o sia Calendario e Notizie per l'anno 1813», 1812, p. 88. La *Suprema deputazione di pesi e misure*, con sede a Palermo, era composta da metrologi esperti. Deputazioni locali furono istituite in Messina e Catania (queste due sedi erano specialmente incaricate della «conservazione e del pareggiamento delle misure»), Siracusa, Caltagirone, Girgenti, Mazzara, Castrogiovanni e Nicosia, Trapani e Piazza. Le deputazioni, composte, ciascuna, anche da un professore di geometria, da un agronomo e da un agrimensore, rilasciavano ai richiedenti la patente per l'esercizio della professione di agrimensore, un'attività che richiedeva ovviamente ottima conoscenza del sistema di misura.

[4] Saverio Scrofani, venti anni dopo, scrisse la biografia di Giuseppe Piazzi (Scrofani 1826) non facendo cenno al *metro siculo*, elaborato dall'astronomo valtellinese dal 1809 al 1811, né al SMD.

dicembre 1827, dopo aver affermato la validità del sistema metrico adottato in Francia nel 1793, asseriva che il metro è ormai «accolto dagli uomini di lettere e quasi da tutte le accademie» (Lo Faro 2008) e merita di essere introdotto anche in Sicilia: a tal fine egli sottoponeva al vaglio degli accademici catanesi alcune sue tavole di riduzione tra le misure in uso in Sicilia e il SMD.

Ma l'opinione del professor Di Napoli restò una voce isolata e inascoltata, sebbene allineata alle posizioni di quegli scienziati italiani – quali i piemontesi Giuseppe Luigi Lagrange ed Antonio Maria Vassalli Eandi, e il toscano Giovanni Fabbroni – che in Francia, in epoca rivoluzionaria (il primo) e poi napoleonica (gli altri due) avevano fatto parte, a vario titolo, di commissioni di matematici chiamati a determinare i nuovi pesi e misure, introdotti poi per legge nei Paesi gravitanti nell'orbita francese: così accade che il SMD, in Italia, è adottato temporaneamente nelle zone occupate dalle armate rivoluzionarie e cioè nel Napoletano, in Toscana e in Lombardia; ma per periodi brevi, legati alle peculiari vicende storiche di epoca napoleonica: il metro ebbe vita più lunga nel Regno di Sardegna e a Torino dove, come si è già detto, i sacerdoti diffusero a lungo dal pulpito l'uso del SMD.[5]

La Sicilia, che in quel periodo, in ambito geopolitico, gravitava nell'area d'influenza della Gran Bretagna, restò esclusa dall'occupazione militare francese e, di conseguenza, non accolse l'uso del SMD.

Nell'Isola entrò in vigore invece il sistema metrico siculo (SMS), che è un sistema unificato e riordinato di misure locali (*palmo* per la lunghezza e *rotolo* per il peso), elaborato nel 1808 da una commissione composta dall'astronomo Giuseppe Piazzi, dall'economista Paolo Balsamo e dall'architetto Domenico Marabitti.[6]

Il Sistema Metrico Siculo nacque in un contesto storico e sociale del tutto peculiare, fu introdotto per legge nel 1811 e restò in vigore per tutta la durata del Regno delle Due Sicilie.[7]

---

[5] Fu il governo rivoluzionario francese a porre fine alla molteplicità di pesi e misure, che, di fatto, erano fonte di disuguaglianza tra i cittadini. Le vicende che indussero i geodeti Pierre-Francois-André Méchain e Jean-Baptiste-Joseph Delambre – per conto dell'Accademia delle Scienze di Parigi, prima, e dell'Istituto di Francia, poi – a effettuare triangolazioni per misurare l'arco di meridiano e stabilire che il metro è pari alla quarantamilionesima parte del meridiano terrestre, sono fin troppo note per esser qui ancora una volta richiamate. Basti soltanto dire che, a seconda del momento politico, gli Stati della Penisola introdussero o abolirono il SMD. La ragione di tanta alternanza può essere ricondotta al fatto che il metro è una misura connotata ideologicamente, perché legata alla Rivoluzione francese.

[6] Nella elaborazione del SMS ebbe un ruolo anche l'astronomo Niccolò Cacciatore, allievo di Piazzi e futuro direttore dell'Osservatorio astronomico di Palermo. Esperto in geodesia, tenne lezioni nell'Officio Topografico al tempo in cui quell'istituzione (dipendente dallo Stato Maggiore dell'Esercito e poi dalla direzione generale dei Corpi facoltativi) ebbe sede a Palermo.

[7] Quando, nel 1808, ci si propose di riordinare e uniformare le misure e i pesi in Sicilia, si riscontrò che nelle varie parti dell'Isola erano in uso ben sette diversi *palmi* e che le misure di capacità e quelle agrarie presentavano notevoli difformità. Il Sistema Metrico Siciliano si basa sulla lunghezza legale del palmo siculo, che fu determinata variamente nel corso dei decenni da Marabitti, Piazzi e dai Cacciatore (padre e figlio). Marabitti ragguagliò il metro a *palmi* 3,872639 (Casano 1832, § 139). Padre Piazzi lo ricavava in *palmi* 3,873223 (Casano 1841, § 135). Niccolò Cacciatore lo adottava in *palmi* 3,87324 (*Calendario del R. Osservatorio di Palermo per l'anno 1841*) e poi Cacciatore figlio in *palmi* 3,873120 (*Calendario del R. Osservatorio di Palermo per l'anno 1842*).

Durante quei cinquant'anni si creò una divaricazione tra la Sicilia e la parte continentale del Regno, giacché l'isola aveva sue misure legali – uniche, uniformi e immutabili – mentre nel Napoletano proliferavano pesi e misure locali, con la conseguente limitazione degli scambi commerciali tra le diverse aree geografiche, la possibilità di raggiri nelle compravendite, le frodi in commercio, la difficoltà dello Stato a imporre una tassazione uniforme.

Una riforma del settore fu introdotta finalmente anche nel Napoletano, che cominciò ad avere omogeneità di pesi e misure con la legge del 6 aprile 1840: la data ha una lampante connotazione simbolica, giacché il giorno e il mese di promulgazione sono identici a quelli della fondamentale e celebrata legge aragonese del 6 aprile 1480, di analogo contenuto.

Con la riforma del 1840, dunque, le province continentali del Regno delle Due Sicilie ebbero propri pesi e misure, che differivano però da quelli vigenti in Sicilia.[8]

La riforma legislativa borbonica, di fatto, invece di avvicinare le due parti del regno, rappresentò un'altra separazione tra parte insulare e continentale, con gravissime conseguenze di natura economica e politica sugli assetti della compagine statale.

Forse sarebbe stato più vantaggioso introdurre il SMD in tutto il Regno borbonico. Ma quest'ipotesi non fu quasi mai presa in considerazione lungo tutto l'Ottocento, quando la controversia sul metro coinvolse in vario modo – oltre agli apparati statali e ai poteri locali – alcuni scienziati e intellettuali di prima grandezza (Melchiorre Delfico, Luca de Samuele Cagnazzi, Giuseppe Ceva Grimaldi, Ferdinando De Luca, Giuseppe Grippa, Ferdinando Visconti), che interagivano con le Società economiche, le Accademie scientifiche, le Deputazioni di pesi e misure, i Congressi degli scienziati italiani, la Reale Accademia delle Scienze di Napoli, e, soprattutto, con il Corpo degli Ingegneri di Ponti e strade.[9]

Al direttore generale di questo rinomato Corpo, Carlo Afan De Rivera, non sfuggì l'aspetto di ordine fiscale connesso all'introduzione per legge di misure uniche, uniformi e immutabili. Rivelante, al riguardo, è un brano contenuto nelle sue *Tavole di riduzione dei pesi e delle misure delle Due Sicilie in quelli statuiti dalla legge de' 6 aprile 1840* (Afan De Rivera 1840b), in cui afferma che nel Regno borbonico la molteplicità delle misure ritardò la realizzazione del catasto, giacché risultò difficile disegnare con la dovuta precisione i confini nelle mappe; e, di conseguenza, lo Stato non poté tassare i proprietari fondiari con imposte proporzionali al possesso e censo.

Carlo Afan De Rivera, in altre parole, smascherò i grandi possidenti e li accusò di trarre dalla molteplicità di misure un'opportunità per eludere il fisco,

> perché la confusione lascia i riscuotitori [erariali] incerti nella percezione delle imposizioni e nell'esecuzione delle tariffe, attesa la varietà delle misure e dei calcoli che si richiedono. […].

[8] L'astronomo Ernesto Capocci di Belmonte (1798-1864), allievo di Giuseppe Piazzi e direttore dell'Osservatorio di Capodimonte, fece parte della commissione che elaborò la riforma del 1840. Il nuovo sistema metrico napoletano era basato sul *palmo* legale (calcolato in m 0,26455) con suddivisioni decimali.

[9] Sull'intera vicenda rimando a Lo Faro (2008), reperibile anche nel web.

> L'amministrazione delle contribuzioni fondiarie – aggiungeva – ha scarsa capacità di azione perché non sono state levate le piante delle tenute […]. Il governo ha decretato che sino al 1860, per lasciar tranquilli i possessori di proprietà territoriali, non avrebbe fatto troppe verifiche fiscali o innovato imposte. Occorre prepararsi al 1860 (Afan De Rivera 1840a, pp. 12 e 59).[10]

«Occorre prepararsi al 1860»: parole curiosamente premonitrici – scritte nel 1840, vent'anni prima dell'impresa garibaldina – ma che ci fanno intendere come la fine del Regno delle Due Sicilie dipese anche dagli interessi particolari di chi si opponeva alla rettifica del catasto, verifica che Afan de Rivera proponeva di assegnare a giovani ingegneri, istruiti in matematica e disegno.

In sostanza, il problema della misura – oltre a riguardare gli aspetti metrologici (cioè la necessità di elaborare e adottare un sistema di misura uguale per tutti, sia esso basato sulla lunghezza dell'arco di meridiano, oppure sulle oscillazioni del pendolo) – era indiscutibilmente e strettamente connesso a quello della fiscalità.

Non è dunque un caso se nel 1861 il Regno d'Italia introdusse nel proprio territorio il SMD e, allo stesso tempo, cominciò a porsi il problema di determinare imposte di carattere catastale. Il nuovo Catasto Unico Italiano, nato dalla rielaborazione dei precedenti, ma con caratteristiche di uniformità geometrico-particellare e un sistema più preciso di rappresentazione cartografica, sarà avviato soltanto nel 1886, con la nota Legge Messedaglia di perequazione fondiaria, che tante critiche si attirò.

In conclusione, si può asserire che un aspetto apparentemente tecnico – qual è l'individuazione di un sistema di misurazione unico e omogeneo – ebbe un forte impatto sulla dimensione politica e sociale dell'Ottocento. Le perspicaci opinioni del verificatore Gaetano Marini (il personaggio con cui abbiamo aperto questo contributo) ben si accoppiano con le penetranti considerazioni di Carlo Afan De Rivera per illustrare la complessa trama che portò alla faticosa introduzione del SMD in Italia.

Bibliografia

Afan De Rivera C. (1840a). *Della restituzione del nostro sistema di Misure pesi e monete alla sua antica perfezione*. Napoli: dalla Stamperia e Cartiera del Fibreno, 2. ed.

Afan De Rivera C. (1840b). *Tavole di riduzione dei pesi e delle misure delle Due Sicilie in quelli statuiti dalla legge de' 6 aprile 1840*. Napoli: dalla Stamperia e Cartiere del Fibreno.

[10] L'Amministrazione borbonica delle Contribuzioni fondiarie, nel 1840, propose di verificare le mappe catastali, avendo come unità di misura il *palmo legale* napoletano, introdotto con legge del 6 aprile 1840. La verifica fiscale doveva eliminare gradualmente le differenze tra l'estensione riportata nelle carte del catasto e quella che risultava dalla verifica sul campo. Gli errori madornali sarebbero stati corretti dal 1860, momento in cui lo Stato avrebbe dovuto cominciare a fare serie verifiche e misurazioni. Mancò al governo borbonico il tempo per procedere, a causa del cambiamento di dinastia, giacché, proprio nel 1860, l'impresa di Garibaldi, appoggiata da gran parte della borghesia terriera meridionale, impedì quel progetto di riforma. Forse fu soltanto una coincidenza.

Agnello A. (1877). *Riduzione di tutte le misure consuetudinarie di Sicilia* […] *nelle misure metrico-decimali e viceversa*. Palermo: Officio Tip. di Camillo Tamburello.

Casano A. (1832). *Elementi di aritmetica*. Palermo: tip. Reale di Guerra.

Casano A. (1841). *Elementi di aritmetica*, 2° edizione. Palermo: Stamperia G. Pedone.

Collezione di leggi e decreti del general Parlamento di Sicilia nel 1848 (1848). Palermo: Stamperia Pagano.

Favaro A.P. (1826). *Metrologia, o sia Trattato generale delle misure, de' pesi, e delle monete* […]. Napoli: Gabinetto Bibliografico e Topografico, vol. 1.

La Farina C. (1811). *Relazione del rapporto tra i pesi e le misure usate in Messina prima di gennaio 1811, in cui vi sono inserite le Tavole di riduzione delle due corde abolite alla generale di canne 16 per uso de' notaj, e le cinque tavole del nuovo sistema metrico della Sicilia*. Messina: soci Letterio Fiumara e Giuseppe Nobolo.

Lo Faro F.M. (2008). *I sistemi di misura nel Mezzogiorno verso l'eguaglianza'. Da due pesi e due misure al sistema metrico decimale*, in D'Agostino S. (a cura di), *Storia dell'ingegneria, Atti del 2. Convegno Nazionale dell'AISI* (Napoli, 7-8-9 aprile 2008). Napoli: Cuzzolin, vol. 1, pp. 521-540 [reperibile anche nel web].

Marchese P. (2008). *Gaetano Marini verificatore di pesi e misure. Bivona 1862*. Palermo: Sellerio.

Marini G. (1864). *Un buco nell'acqua. Ovvero le debolezze, le malizie, gli intrighi, gli errori, e le camorre, in varie amministrazioni della Sicilia. Frammenti di scandalosa cronaca contemporanea*. Sciacca: Tip. Gutemberg.

Martines D. (1864). *Rudimenti di metrologia ad uso delle scuole di Sicilia*. Messina: Tip. I. D'Amico.

Nicita F. (1893). *Tavole di Ragguaglio dei Pesi e delle Misure già in uso nelle Provincie Siciliane* […]. Ragusa: Tipografia Piccitto & Antoci.

Nicita F. (1905). *Storie celesti*. Ragusa: Piccitto & Antoci.

Panebianco M. (2010). *Antichi pesi del Sud Italia*. Riposto: Edizioni La Rocca.

Scrofani S. (1808). *Memoria su le misure e pesi d'Italia in confronto col sistema metrico francese* […]. Parigi: stamperia di Gratiot.

Scrofani S. (1826). *Elogio di Giuseppe Piazzi*. Palermo: Reale Stamperia.

Scrofani S. (1827). "Elogio di Piazzi", *Giornale di scienze, lettere ed arti per la Sicilia*, tomo 18, anno 5, (gennaio-marzo), parte I, pp. 139-169.

La Collezione Storica degli Strumenti di Fisica dell'Università di Palermo

Daniela Cirrincione - Università di Palermo - dcirri23@gmail.com
Ileana Chinnici - INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo - chinnici@astropa.inaf.it

Abstract: The collection of scientific instruments located at the Department of Physics and Chemistry of Palermo University is one of the richest and most complete historical collections, holding over 450 items. This collection is poorly known and lacks the visibility that it deserves. In this paper, the importance of the collection will be illustrated with reference to the history of the scientific activities carried out at the Physics Institute, and to the equipment acquisitions made through the years. Moreover, some of the scientific apparatus of the collection used in the past for the research topics and the didactical courses will be mentioned. Currently, the collection contains more than 450 items, the oldest ones dating back to 1811, when Domenico Scinà obtained the chair of Experimental Physics. The collection was largely improved by Pietro Blaserna on the occasion of his stay in Palermo, when he renewed the collection, buying an excellent set of instruments.
In the past years a degree thesis on Pietro Blaserna and his contribution to the collection has been written, providing thus the first step for cataloguing the entire collection. Nowadays, a more complete overview of the collection is taken into account in a new degree thesis, aimed at finishing the catalogue, studying the instruments' features, and possibly suggesting both an adequate conservation and a historical-thematic displaying.

Keywords: History, Instruments, Physics, Palermo.

1. La collezione

La Collezione di strumenti scientifici che si trova presso il Dipartimento di Fisica e Chimica dell'Università di Palermo (Fig. 1) è in Italia una delle collezioni storiche di strumenti di fisica più ricche e complete. Essa ha una grande importanza sia per la ricostruzione del percorso storico-scientifico dell'Istituto di Fisica che per la ricchezza e il pregio della sua dotazione strumentale.

La Collezione comprende più di 450 strumenti storici ed è il frutto delle diverse acquisizioni operate dai vari direttori che si sono succeduti alla guida del Dipartimento. La tipologia dei vari strumenti e la data del loro acquisto forniscono un quadro dell'attività scientifica svolta nel corso degli anni.

Fig. 1. Dipartimento di Fisica e Chimica dell'Università di Palermo, sede di via Archirafi 36

La collezione è in maggior parte conservata in vetrine (Fig. 2) ubicate nei corridoi e nella direzione del Dipartimento di Fisica e Chimica nella sede di via Archirafi 36, che fu sede del Dipartimento di Fisica dal 1934.[1] Le vetrine in cui sono esposti gli strumenti risalgono allo stesso periodo di costruzione dell'edificio, cioè al 1920 circa.

Fig. 2. Vetrine che ospitano la collezione nei corridoi al primo piano dell'edificio

Una parte degli strumenti storici è andata dispersa, alcuni strumenti sono stati portati via dai direttori alla fine del loro mandato, altri sono stati distrutti o dispersi nel corso dello spostamento di sede del Gabinetto di Fisica del 1934. Inoltre, una parte è scomparsa nel corso della seconda guerra mondiale, periodo in cui l'attuale sede del Dipartimento fu sede delle truppe prima tedesche e poi americane. Alcuni strumenti

[1] Prima il gabinetto di fisica aveva sede in via Maqueda insieme ad altri gabinetti scientifici come quello di chimica (Nastasi 1988, p. 139).

furono inoltre acquisiti al Museo di Storia della Scienza di Milano tra la fine degli anni Cinquanta e gli inizi degli anni Sessanta (Sagone 2002, p. VII). Si deve anche sottolineare come la sensibilità verso il valore storico-scientifico di uno strumento ritenuto obsoleto è abbastanza recente e negli anni passati molti oggetti, che avrebbero dovuto appartenere a questa collezione, sono stati con leggerezza dismessi e distrutti.

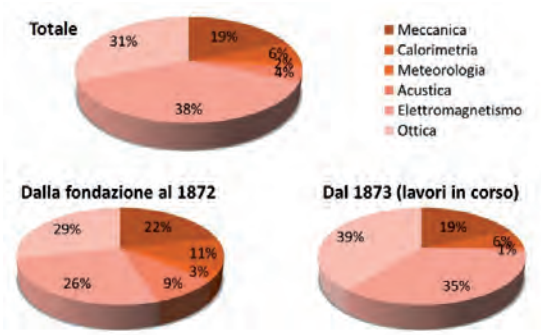


Fig. 3. L'evoluzione della tipologia di strumenti della collezione nel corso del tempo

In generale, gli strumenti della collezione possono essere suddivisi in almeno sei macrogruppi, e cioè: strumenti di meccanica, acustica, calorimetria, meteorologia, elettromagnetismo e ottica (Fig. 3). Dei quasi 450 pezzi facenti parte della collezione, oggi sono schedati più di 300 pezzi e ne sono fruibili al pubblico circa 200.

2. I principali Direttori

La Collezione Storica di Strumenti di Fisica segue le alterne fortune nella didattica e nella ricerca del Gabinetto di Fisica, oltre che del generale andamento storico-scientifico che l'Italia ha subito in questi due secoli di storia. La presenza di un determinato genere di strumenti appartenenti a un periodo storico è strettamente legata alla presenza di un direttore e uno staff che li utilizzava e che quindi indirizzava le attività a seconda delle sue linee di ricerca preferite.

Alcuni direttori hanno segnato maggiormente la storia dell'Istituto e quindi l'evoluzione della collezione. Di seguito, un breve cenno sulle figure più significative.

2.1. Domenico Scinà (1811-1834)

Dall'istituzione della cattedra di Fisica Sperimentale nel 1779, al momento della fondazione della Regia Accademia degli Studi, poi Università degli Studi di Palermo

nel 1804, il primo personaggio di rilievo per la collezione di fisica di Palermo è il direttore Domenico Scinà[2] (Palermo 1765-Palermo 1837).

> Ottimo insegnante di fisica, ma non un fisico in senso stretto. Conosceva a fondo la fisica del suo tempo, ma non si impegnò affatto nella relativa pratica. […] Sebbene dir si potrebbe a sua discolpa che sfornita era la nostra Università di un gabinetto di stromenti e de' mezzi molteplici di sperimentare (Nastasi 1998, pp. 125-126).

Per primo, a partire dal 1811, si occupò di dotare il Gabinetto di Fisica dei primi strumenti scientifici soprattutto per fini didattici. Infatti la maggior parte degli strumenti più antichi ha come scopo quello di spiegare in modo sperimentale la fisica classica e riprodurre famosi esperimenti di inizio Ottocento.

> Chi volesse trovare le radici di tanta fama, le dovrebbe cercare nel grande sforzo di aggiornamento che il manuale di Scinà [Introduzione alla fisica sperimentale] esemplificava: […] lezioni in cui ripeteva […] gli esperimenti elettromagnetici di Oested e Ampère, le ricerche di Faraday sull'induzione (Nastasi 1998, p. 127).

Tra i circa cinquanta strumenti di questo periodo appartenenti alla collezione (Fig. 4), i più rappresentativi sono la sfera armillare, attualmente scelta come logo della collezione, il tubo per la caduta nel vuoto, il piano inclinato, alcuni conduttori, gli emisferi di Cavendish e il doppio cono, che permettevano di svolgere semplici esperimenti per gli studenti.

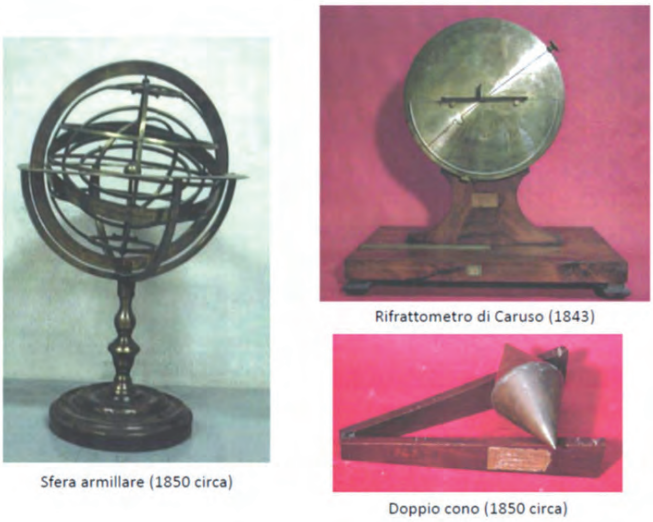


Fig. 4. Alcuni strumenti della Collezione databili al periodo della direzione Scinà

[2] Per un approfondimento biografico vedi Montillaro (1837).

2.2. Pietro Blaserna (1863-1872)

La figura di Pietro Blaserna[3] (Fiumicello 1836-Roma 1918) è molto importante per la fisica di fine Ottocento a Palermo: con lui si ebbe la nascita dell'indirizzo sperimentale e soprattutto la fondazione di una vera e propria scuola. Sotto la sua direzione venne ammodernata la dotazione strumentale del dipartimento, con strumenti provenienti dai migliori costruttori dell'epoca acquistati non solo per scopi didattici ma anche di ricerca.

> Con l'arrivo a Palermo di Pietro Blaserna, allora appena ventisettenne, si ha una svolta importante della storia della fisica palermitana. […] [si] attribuisce a Blaserna la nascita "di un indirizzo sperimentale alla fisica", il compito dei "primi importanti lavori moderni di fisica" e il rinnovamento "in senso moderno" dell'Istituto di fisica. […] orma "indelebile lasciata da Blaserna in quella Università col lavoro sapiente che dal nulla diede vita ad un Istituto fisico donde ebbero poi mezzi di studio e di ricerca illustri professori, ed una non esigua schiera di assistenti che occupano ora [1918] cattedre universitarie" (Nastasi 1998, pp. 133-134).

All'interno della collezione si trovano un centinaio di strumenti databili intorno al periodo della direzione Blaserna (Fig. 5).

Fig. 5. Alcuni strumenti della Collezione databili al periodo della direzione Blaserna

Tra i principali ci sono polariscopi e spettroscopi, utilizzati per ricerche sulla luce, strumenti per studiare le proprietà dei gas e anche strumenti di acustica, impiegati per i suoi studi di fisica della musica.

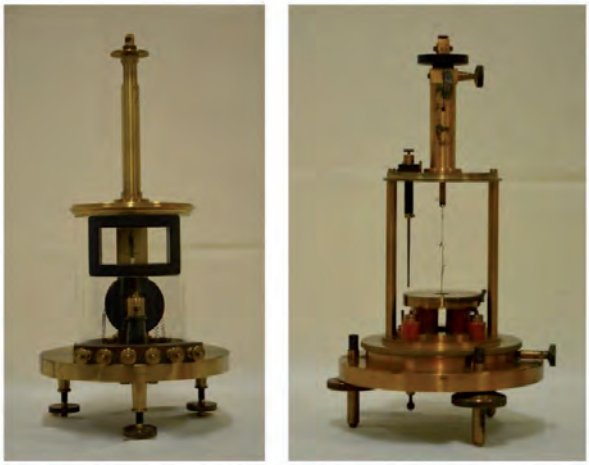
[3] Per un approfondimento biografico vedi: Sagone (2002, pp. 1-53), Pozzato (1968), Ianniello *et al.* (2003).

Negli anni successivi alla partenza di Blaserna il Gabinetto di Fisica ebbe alterne vicende legate alla competenza e all'entusiasmo dei vari direttori che si succedettero alla sua guida.

2.3. Damiano Macaluso (1886-1914)

Fra i numerosi direttori succeduti a Blaserna alla guida dell'Istituto di Fisica di Palermo spicca il nome di Damiano Macaluso[4] (Palermo 1845-Palermo 1932). Egli riuscì a creare e indirizzare alla ricerca un folto gruppo di giovani allievi, tra cui Michele Cantone[5] (Palermo 1857-Napoli 1932), Orso Mario Corbino[6] (Augusta 1876-Roma 1937) e Michele La Rosa[7] (Palermo 1880-Palermo 1933), personalità di spicco della fisica in Italia nei decenni successivi (Nastasi 1998, pp. 138-139).

Tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento la ricerca era orientata allo studio dei fenomeni elettromagnetici e della luce.



Galvanometro di Siemens (1892) Elettrometro di Dolezalek (1906)

Fig. 6. Alcuni strumenti della Collezione databili al periodo della direzione Macaluso

Non stupisce quindi che, in quei decenni, furono acquistati in maggior parte strumenti di elettromagnetismo e ottica, soprattutto elettrometri, galvanometri e loro accessori[8] (Fig. 6). Di questo periodo sono ancora conservati nella collezione circa cinquanta strumenti:

[4] Per un approfondimento biografico vedi: Sesta (1933).
[5] Per un approfondimento biografico vedi: Gliozzi (1975).
[6] Per un approfondimento biografico vedi: Amaldi, Segreto (1983).
[7] Per un approfondimento biografico vedi: Nastasi (2004).
[8] Si tratta soprattutto di cannocchiali da rilievo, che venivano utilizzati per effettuare misure più precise con i galvanometri (metodo subbiettivo).

> Con Macaluso [primo allievo di Blaserna] ha inizio per la fisica palermitana un periodo di stabilità davvero lungo. […] In questo periodo, la composizione dell'Istituto ha avuto un andamento abbastanza costante (Nastasi 1998, p. 139). […]. Autore di un pregevole ed aggiornato manuale di termodinamica, il nome di Macaluso è specialmente legato alle ricerche, condotte in collaborazione con Corbino, che condussero alla scoperta (1898) del cosiddetto "effetto Macaluso-Corbino"[9] […] [sono da sottolineare i] contributi scientifici e l'importanza della sua attività organizzativa (Nastasi 1998, p. 138).

2.4. Emilio Segrè (1936-1938)

Il fisico e premio Nobel Emilio Segrè[10] (Tivoli 1905-Lafayette, California 1989) cominciò la sua carriera a Roma nel 1927 nel gruppo di ricerca di Enrico Fermi[11] (Roma 1901-Chicago 1954). Nel 1935 vinse il concorso per la cattedra di Fisica Sperimentale a Palermo (Nastasi 1998, p. 169) e l'anno successivo divenne direttore dell'Istituto di Fisica.

Durante la sua breve direzione, tra il 1936 e il 1938, Emilio Segrè rinnovò la ricerca (soprattutto nel settore della fisica nucleare) e gli strumenti. Riguardo al periodo palermitano, lo stesso Segrè nella sua autobiografia scrive:

> Speravo di poter mostrare un esempio di rinnovamento e modernizzazione nell'insegnamento e anche di poter eseguire qualche ricerca significativa in un nuovo centro italiano (Segrè 1995, p.139). […].
> Feci chiaramente intendere che non avevo nessuna intenzione di fare il professore di passaggio o pendolare; che avrei fatto del mio meglio per sollevare la fisica a un livello rispettabile (Segrè 1995, p.141). […].
> L'Istituto occupava un palazzo nuovo, con stanze grandissime e spazio sprecato; apparecchi e attrezzature erano o del secolo scorso o non esistenti. […]. Il personale consisteva di un assistente di mezza età che non mi sembrava recuperabile, un meccanico anziano [G.B. Russo[12]] ma, nei suoi limiti, bravo e pieno di buona volontà (Segrè 1995, p.140). […].
> Cominciai a insegnare la fisica sperimentale, facendo molti begli esperimenti dimostrativi e usando una quantità degli apparecchi che stavano lì da cinquant'anni forse senza essere mai stati toccati da nessuno. […] Stavo anche preparando un po' di strumenti per possibili ricerche. Per cominciare feci costruire una delle nostre camere di ionizzazione standard, ordinai un elettrometro di Perucca e un po' di altre cose necessarie per eseguire misure radioattive sul genere di quelle fatte a Roma. Pensavo che in qualche modo avrei potuto ottenere isotopi radioattivi a lunga vita e studiarli (Segrè 1995, p.145). […].

---

[9] Comportamento particolare della luce polarizzata attraverso un gas assorbente posto in un intenso campo magnetico. Vedi Macaluso, Corbino (1898).
[10] Per un approfondimento biografico vedi: Segrè (1995), Jackson (2002).
[11] Per un approfondimento biografico vedi: Segrè (1996).
[12] Tecnico e costruttore di strumenti, Giovan Battista Russo lavorò all'Istituto di Fisica per circa 40 anni, dal 1899 al 1939 (Nastasi 1998, pp. 139). Sono stati identificati e fanno parte della collezione almeno una decina di pezzi con la sua firma.

> Tornato a Palermo mi misi subito a studiare il materiale che avevo riportato da Berkeley. Gli apparecchi approntati l'anno prima erano proprio quelli che ci volevano (Segrè 1995, p.150).

Grazie alla collaborazione tra Segrè e il professore Carlo Perrier[13] (Torino 1886-Genova 1948), direttore dell'Istituto di Mineralogia,[14] fu scoperto proprio in quegli anni, nel 1937, un nuovo elemento chimico: il tecnezio.[15]

Fig. 7. L'elettrometro di Perucca, la camera di ionizzazione e il luogo in cui sono stati ritrovati

La camera di ionizzazione (Fig. 7) citata da Segrè è stata ritrovata nell'agosto del 2013 negli armadi del piano terra dell'edificio in un grave stato di abbandono. La sua identificazione e il suo recupero è stato un evento che ha permesso di pubblicizzare[16] e dare visibilità all'intera Collezione Storica degli Strumenti di Fisica.

3. Il recupero della Collezione e le azioni future

Il percorso di recupero della Collezione è stato lungo e ha subito molti periodi di stasi. Il primo passo è stato identificare, catalogare, schedare e collocare gli strumenti. Una prima parte di questo lavoro è stato svolto circa 10 anni fa dalla professoressa Giorgia Foderà,

[13] Per un approfondimento biografico vedi: Piazza (1949).
[14] L'Istituto di Mineralogia ha sede presso il secondo e il terzo piano dello stesso edificio.
[15] Il tecnezio (Tc), elemento chimico di numero atomico Z = 43, appartiene alla seconda serie dei metalli di transizione. Per un approfondimento sulla sua scoperta vedi: Perrier, Segrè (1937), Cacciapuoti, Segrè (1937) e Gambaro (1987).
[16] URL: <http://portale.unipa.it/RICERCA-Ritrovata-camera-ionizzazione-Segr-collezione-strumenti-fisica/> [data di accesso: 01/07/2016].

dal tecnico Filippo Mirabello e dal tesista Vincenzo Sagone. Il risultato di quegli sforzi è stato un primo catalogo di circa 150 strumenti schedati, databili dal 1811 al 1872, contenuto nella tesi di laurea di Sagone. Tuttavia, dopo questo primo intervento, la collocazione restava inadeguata, infatti gli strumenti sono rimasti accatastati nelle vetrine al primo piano o dislocati in vari luoghi all'interno dell'edificio. La collezione in quello stato era poco valorizzata e non fruibile malgrado studenti e professori si ritrovassero a camminare nei corridoi davanti le vetrine ogni giorno.

La situazione è di poco migliorata nei successivi 10 anni in cui l'unico intervento[17] svolto è stato quello di cercare di separare gli strumenti catalogati da quelli da catalogare, di dare organicità alla distribuzione degli strumenti nelle vetrine, disponendoli per tipologia,[18] e provando a creare un primo percorso espositivo. Purtroppo a questo tentativo non è seguita una reale possibilità di far conoscere e visitare la collezione al di fuori del Dipartimento.

Oggi si sta redigendo una seconda tesi di laurea che si propone l'obiettivo di continuare il lavoro di identificazione, pulitura, conservazione, catalogazione e analisi delle caratteristiche costruttive e di utilizzo degli strumenti. A questo lavoro si aggiunge tuttora la necessità di provvedere ad una adeguata conservazione e collocazione storico-tematica degli strumenti catalogati al fine di poter realizzare un percorso museale.

Il lavoro ha risvegliato curiosità e interesse nel Dipartimento, al punto da stimolare molti professori a recuperare strumenti che si trovavano nelle loro stanze, nei laboratori, in alcuni armadi o depositi, arricchendo così la collezione.

Per rendere la Collezione maggiormente visibile e fruibile, essa è stata accreditata[19] e riconosciuta da parte del SiMuA.[20] Questo ha consentito di aprire la collezione in occasione di numerosi eventi pubblici, di proporre un percorso guidato, di disporre di opuscoli e personale di supporto. Inoltre, è stato possibile reperire dei fondi per restaurare le vetrine e illuminare adeguatamente gli strumenti esposti.

In questi anni, grazie all'impegno di tanti, sono stati compiuti diversi passi per rendere gli strumenti storici dell'Istituto di Fisica uno spazio museale finalizzato alla diffusione della cultura scientifica e alla tutela e valorizzazione del patrimonio storico-culturale universitario palermitano. Tra gli obiettivi ancora da raggiungere ci sono una migliore fruizione, un più ampio impatto sulla città e la produzione di un catalogo digitale e cartaceo della Collezione.

Bibliografia

Amaldi E., Segreto L. (1983). sub voce *Orso Mario Corbino. Dizionario Biografico degli Italiani vol. 28*. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana. [online]. URL:

[17] Questo intervento è stato effettuato nel corso del tirocinio di alcuni studenti del corso di laurea in fisica.
[18] Disposizione adottata ancora oggi.
[19] Approvata e resa ufficiale con il DR 416/2014 del 04/02/2014.
[20] Sistema Museale d'Ateneo: organo dell'Università degli Studi di Palermo preposto alla valorizzazione del patrimonio scientifico-culturale.

<http://www.treccani.it/enciclopedia/orso-mario-corbino_(Dizionario-Biografico)/> [data di accesso: 01/07/2016].

Cacciapuoti B.N., Segrè E. (1937). "Radioactive Isotopes of Element 43". *Physical Review*, 52, pp. 1252-1253.

Cancila O. (2006). *Storia dell'Università di Palermo dalle origini al 1860.* Roma: GLF Editori Laterza.

Gambaro I. (1988). *La scoperta del tecnezio*, in Bevilacqua F. (a cura di), *Atti dell'VIII Congresso Nazionale di Storia della Fisica* (Napoli, 12-17 ottobre 1987). Gruppo nazionale di coordinamento per la storia della fisica del CNR, pp. 187-200.

Gliozzi M. (1975). sub voce *Michele Cantone. Dizionario Biografico degli Italiani vol. 18*. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana. [online]. URL: <http://www.treccani.it/enciclopedia/michele-cantone_(Dizionario-Biografico)/> [data di accesso: 01/07/2016].

Ianniello M.G., Carbonari L., Rebuzzi D., Trapanese S. (2003). *La Storia dell'Istituto di Fisica della Sapienza attraverso le sue collezioni di strumenti: catalogo ragionato degli strumenti del museo di Fisica di Roma*. Roma: Museo del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma La Sapienza.

Jackson J.D. (2002). *Emilio Gino Segrè, 1905-1989. Bibliographical Memoirs*, 81. Washington, D.C.: The National Academy of Press.

Macaluso D., Corbino O.M. (1898). "Sopra una nuova azione che la luce subisce attraversando alcuni vapori metallici in un campo magnetico". *Il Nuovo Cimento* Serie 4, 8 (1), pp. 257-258.

Mortillaro V. (1837). *Su la vita e su le opere dell'abate Domenico Scinà*. Messina: Stamperia all'insegna di Maurolico.

Nastasi P. (a cura di) (1998). *Le scienze chimiche, fisiche e matematiche nell'Ateneo di Palermo.* Palermo: Università degli Studi, Facoltà di Scienze (Quaderni - Seminario di storia della scienza, n. 7).

Nastasi P. (2004). *Michele La Rosa. Dizionario Biografico degli Italiani vol. 63*. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana. [online]. URL: <http://www.treccani.it/enciclopedia/michele-la-rosa_(Dizionario-Biografico)/> [data di accesso: 01/07/2016].

Paoloni L. (2005). *Storia politica dell'Università di Palermo dal 1860 al 1943.* Palermo: Sellerio Editore.

Piazza M. (1949). sub voce *Carlo Perrier*. *Enciclopedia Italiana - II Appendice* [online]. URL: <http://www.treccani.it/enciclopedia/carlo-perrier_(Enciclopedia-Italiana)/> [data di accesso: 01/07/2016].

Perrier C., Segrè E. (1937). "Radioactive Isotopes of Element 43". *Nature*, 140, pp. 193-194.

Pozzato E. (1968). sub voce *Blaserna Pietro*, *Dizionario Biografico degli Italiani vol. 10*. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana. [online]. URL: <http://www.treccani.it/enciclopedia/pietro-blaserna_(Dizionario-Biografico)/> [data di accesso: 01/07/2016].

Sagone V. (2002). *Pietro Blaserna e la Collezione degli Strumenti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo* (Tesi di Laurea in Fisica). Università di Palermo.

Segrè E. (1995). *Autobiografia di un fisico*. Bologna: Il Mulino.

Segrè E. (1996). *Enrico Fermi. Dizionario Biografico degli Italiani vol. 46*. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana. [online]. URL: <http://www.treccani.it/enciclopedia/enrico-fermi_(Dizionario-Biografico)/> [data di accesso: 01/07/2016].

Sesta L. (1933). "In memoria di Damiano Macaluso". *Il Nuovo Cimento*, 10 (1), pp. 1-2.

Pietro Blaserna and the Institute of Physics of the University of Palermo

Giovanni Peres - Dipartimento di Fisica e Chimica, Università di Palermo; Specola Universitaria di Palermo - peres@astropa.unipa.it

Abstract: I will outline the activity of Pietro Blaserna, since his training in Austria and France to the period he spent at the University of Palermo, where he renovated and boosted the Institute of Physics. His activity in Palermo was part of a significant effort of renovation and cultural development of the town, consequence of the Unification of Italy. I will also discuss the particular interest of Pietro Blaserna for Physics Education and, in particular, for the hands-on training, using methods quite innovative for that time. I will also briefly mention the subsequent period in Rome so important for the development of Physics in Rome and Science in Italy.

Keywords: Pietro Blaserna, University of Palermo, Institute of Physics of Palermo, Institute of Physics of Rome, Didactics.

1. Blaserna's youth and education

Pietro Blaserna was born on February 22, 1836 in Fiumicello di Aquileia (Gorizia) now in Friuli, Italy, but at that time part of the Austrian Empire. So he was born as an Austrian and became Italian during his life.

Soon his family moved to Gorizia, where Blaserna went to the high school. Then he moved to Vienna where he went to the University, studied mathematics and physics, and got his degree with full grades in 1857. When in Vienna, he was an assistant of Prof. Andreas von Ettingshausen who was one of the first professors to provide routinely laboratory practices and exercises for the students in the physics laboratory.

During that period Blaserna started his studies of induced currents and of extra currents, a subject that he continued, later, in Palermo.

He then applied to work in the laboratory of the famous chemist Henry-Victor Regnault at the Sorbonne in Paris. His request was accepted and in 1859 Blaserna moved there. At that time, that was one of the best laboratories in Europe: the related, very accurate, studies were focused, in particular, on the specific heat and the thermal properties of various gases. There Blaserna was busy studying real gases and, most notably, CO_2. During his stay in Paris, he was highly appreciated as a scientist and soon gained a solid reputation as a good researcher. In spite of his significant dedication and the high quality of his work, he did not publish any scientific paper during his stay in

Paris. However, when Blaserna left Paris, Regnault gave him a reference letter stating a great appreciation for his work.

2. Blaserna in Palermo

At that time, Blaserna had already become highly renowned as being a good researcher; so the Minister of Public Education of the recently unified Italy, Mamiani della Rovere, wanted him to become Professor of Physics at the University of Florence. At the time of this appointment, in 1862, Blaserna was just 25 years old.

After a short time, the new Minister, Michele Amari, from Palermo, asked him to become Professor in Palermo. That was a very important time for whole Italy and, in particular, for Palermo. Italy had just (in 1861) been unified; as a matter of fact a large fraction of present-day Italy had become a single nation. As a consequence the Italian political class had a keen interest to give a strong and unifying imprinting to the recently unified nation, originating from a set of diverse small and very small states, and to bring it rapidly to the level of the other important European nations, especially for what concerns scientific knowledge and capability in technology, manufacturing and industrial production, given the importance of these latter for progress and development.

Palermo was, and is, a large southern city, the Unification of Italy had brought for it the perspective of a significant innovation and of acquiring a rather new, progressive, characterization. In particular the Minister Amari wanted Palermo to become a top level place, i.e. a centre of excellence, for science and culture.

In order to implement his plan, the Minister availed himself of the aid of Stanislao Cannizzaro, the great chemist from Palermo. Cannizzaro was an excellent chemist and a very good organizer; he got a professorship in Palermo both for his high scientific qualities and for his capability to implement a project turning Palermo into an important cultural centre. To this end Cannizzaro asked that several high level scientists were given a professorship in Palermo. Thanks to the joint action of Cannizzaro and Amari, during that period several good scientists moved to Palermo where they started to work: Cannizzaro, Blaserna, Gemmellaro, a geologist, Doderlein, a zoologist, Tacchini, an astronomer, and a few others.

So a major scientific environment developed in Palermo. Until then the Institute of Physics of Palermo, in particular, had been devoted almost entirely to the study of technical problems – such as those related to telegraphy – rather than to problems of basic research. The characteristics of the Institute, therefore, contrasted with the innovative vision of Amari and Cannizzaro. The appointment of Blaserna in Palermo brought a radical renewal of the Institute. Being a well-known experimental physicist, when in the University of Palermo Blaserna immediately devoted himself to creating a new physics laboratory, acquiring several new instruments and giving new momentum to the research at the “Istituto di Fisica”.

In addition to renovating the laboratories and the instrumentation at the Istituto di Fisica, Blaserna brought a radically new teaching method, a quite innovative one for the standards of those times, and not just for Palermo: many of the instruments had to be

used directly by students, even those of the first biennium. Students, then, had the opportunity to acquire a direct experience of the instrumentation and of the experimental activity, rather than getting it through the teacher and his collaborators, or their demonstrations in the lab. Blaserna's firm belief that a student could directly gain experience, and use the tools and the instruments in the lab, made him an innovator of the way physics (and science in general) has been taught since then.

During his time in Palermo Blaserna performed research on various topics which included:

a. induced currents,
b. carbonic acid,
c. terrestrial magnetism,
d. polarization of the solar corona,
e. behaviour of the seas around the pole,
f. Avogadro's law,
g. dynamical theory of heat,
h. refractive index of the methylsalicylic alcohol.

An unusual (for today's habits) and outstanding aspect of the activity of Blaserna in Palermo was his commitment to teaching and education in the high schools in Palermo; such a commitment brought him to take part in the "Consiglio di Perfezionamento" (a sort of supervising board) of the Technical Institute of Palermo. This Technical Institute over the following years spawned many of the Palermo high schools, including the "Cannizzaro" Scientific High School and the "Parlatore" Technical Institute. At variance with what typically happens today, the Technical Institute at that time had an important role in scientific research in Palermo and was strongly related to scientific production: the "Consiglio di Perfezionamento" included some of the best scientists in Palermo and some important scientific results appeared in the publications of the Technical Institute.

Moreover Blaserna paid attention to teaching in the University. Complaining on the presence of several senior researchers and the lack of young, active and brilliant collaborators, he used the sentence "Generals and captains without soldiers".

As recognized by several of his biographers, Blaserna was highly dedicated to the education and training of young people, paying particular attention to their effectiveness and value.

In order to train young people, paying particular attention to brilliant ones, he devoted himself to an intense education project aimed at training promising students in the field of physics and laboratory activities. Thanks to significant government funding he could also improve laboratories and teaching activities. In the following I show a handful of the more than one hundred instruments used by Blaserna and still present in the collection of Physics instruments at the Dipartimento di Fisica e Chimica. These instruments have been studied and catalogued by V. Sagone in his thesis (Sagone 2002). I have extensively used Sagone's thesis for more details and for a complete description of the Blaserna instruments collection.

Fig. 1. Helmholtz resonators. Used to amplify and perceive a specific note. The larger (lower) opening kept contact with outer air; the smaller, on top, had a shape adequate to insert it in the experimenter's ear

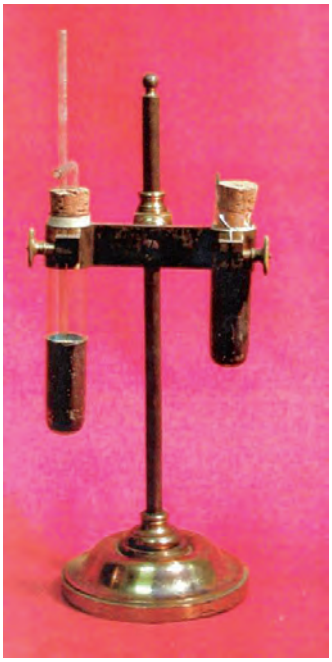


Fig. 2. Regnault Hygrometer. It is a condensation hygrometer, i.e. it measures the dew point, the temperature at which water vapour in the air condenses

Fig. 3. Norremberg polariscope. It is a polariscope with an Amici microscope; these instruments allow to measure crystals with a beam of light polarized at will

Fig. 4. Becquerel phosphoroscope. It measures whether a substance is, or is not, phosphorescent, even for a short time

As an example of the vibrant cultural and scientific renovation that was taking place in Palermo at that time and impacted in many ways in Palermo's life, a series of conferences started in 1866.

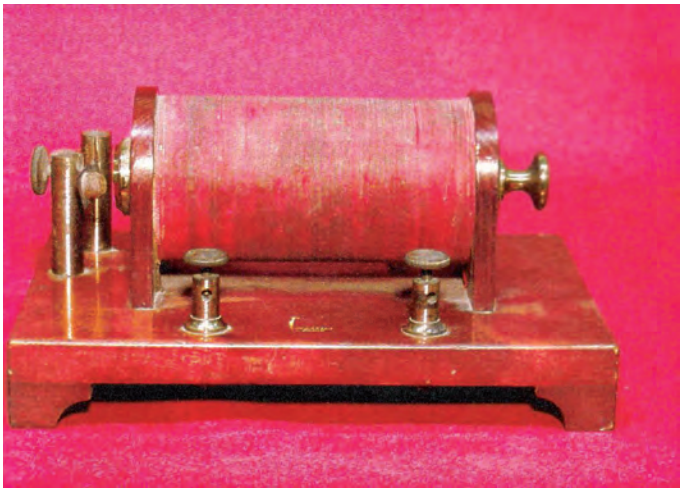


Fig. 5. Induction coil

The speakers were top level scientists and the presentations were made for the educated lay-person. Blaserna, fond of teaching and dissemination, not only took part to the series but in fact was the person who opened the cycle on April 11, 1866 with a

conference on “The formation of sound”; he was particularly active in this activity and made a few other conferences of the cycle. Unfortunately, this cycle was interrupted in May 1867, just after fourteen conferences, owing to a cholera epidemic that was ravaging Palermo.

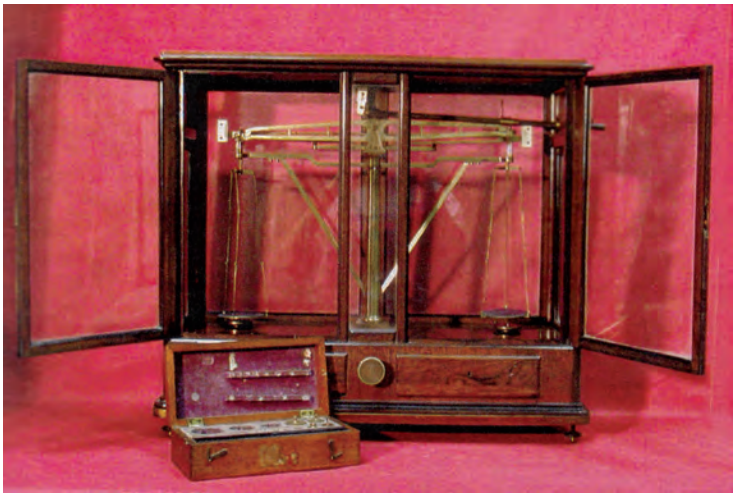


Fig. 6. Precision scale

3. The transfer to Rome

After the annexation of Rome to Italy in 1870, Italy entered another phase. Rome almost immediately became the new nation capital. It was important for the government of that time that the new capital, Rome, had a clear and strong link to the new unified Italy, a nation that wanted to innovate and to promote itself. Rome had to sever any connection with its previous conditions, more conservative and typical of the ruling Pope. A fundamental action to create such a new Rome was to promote science and culture in the new capital, thus bringing there cultural renovation and a greater openness in science. Top level scientists were moved to Rome to provide the scientific renovation of the new capital and, through this new centre, of the whole nation.

According to a well-tested method, the first one to move to Rome was Cannizzaro; shortly after, the Minister of Public Education Quintino Sella, asked Blaserna too to move to Rome; in practice a sequence of events similar to those which had already led Blaserna to Palermo.

In Rome Blaserna’s career took a turn. He became more involved in management activities of the University, first, and in politics then. In fact, already in 1874, Blaserna was appointed Rector of the University of Rome. Readily involved in politics, he

became a senator in 1890, and later Vice-President of the Senate, a position he held until his death on February 26, 1918 in Rome.

As a politician he promoted the creation of the Faculty of Science in the Italian state University, a structure which has remained alive until almost the present day.

Among the many actions of Blaserna during his Roman period, it is worth mentioning that he directed the effort to build the new Institute of Physics, in via Panisperna, with modern criteria aiming at effectiveness and efficiency. This is the same Institute that soon – just a little more than a decade since the death of Blaserna – will host the work of Enrico Fermi and the "via Panisperna boys", in particular the studies on nuclear fission that led Fermi to the Nobel Prize.

Interestingly enough I, and other colleagues of mine, have looked repeatedly for such a building, in via Panisperna, Rome, not a long street. We have not been able to find anything identifying the Institute, nor of any mention of the history-marking experiments on fission. We did not find the Institute – certainly still there – nor any commemorative plaque. A couple of rather kind *Carabinieri*, based in the same street, when asked on the location of the Institute, rather promptly answered: "Oh yes, the Institute where Fermi performed fission!" Not bad, those guys knew very well what we were talking about! But then they added: "Unfortunately we do not know where it is: there is no identification, apparently". If the *Carabinieri* have hard time finding it, imagine if students can find it. Something to ponder about the way we treat our cultural heritage.

4. Conclusion and final comments

Summarizing a life-long activity of Blaserna: he was an innovator who led cutting edge research both within fundamental and applied physics; his interests ranged from geophysics to electrical engineering, from acoustics to the "physics of music". He devoted himself mainly to the study of the properties of real gases, of the induced current, of the polarization of the radiation emitted by the solar corona during a total eclipse.

He had a leading role in the politics and management of both the academic teaching and the scientific research; his action had a strong influence on the way the Institutes were run and on the national political choices on science.

He brought substantial innovation in the management and operations of scientific laboratories; he also reformed the way experimental physics courses were taught in the laboratories.

He was a dedicated and great teacher who was committed to educating young people to science and research, involving them personally; he reformed the university teaching sweeping away traditional and conservative methods.

Such a strong activity and interest in teaching made him to stop relatively early active research, but the disadvantages of such an "early retirement" from science were largely offset by the many advantages of his development and implementation of innovative teaching methods and by his involvement in the politics of science.

Bibliography

Amaldi E. (s.d.). *Note biografiche su Pietro Blaserna*, dattiloscritti inediti, Archivio Amaldi, Dipartimento di Fisica dell'Università "La Sapienza", Roma.

Cantone M. (1918). "Commemorazione dell'Accademico Linceo Senatore Pietro Blaserna". *Atti della Reale Accademia dei Lincei, anno CCCXV (1918): Serie V. Rendiconti della classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*, 27 (2° semestre), pp. 262-269.

Corbino O.M. (1919). "Pietro Blaserna". *Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani, Serie 2*, 8, pp. 2-5.

De Gubernatis A. (1879). *Blaserna Pietro*, in *Dizionario Biografico degli scrittori contemporanei. Ornato di oltre 300 ritratti*. Firenze: Le Monnier, p. 162.

Pisani J. (1958). "Un illustre scienziato dimenticato: Pietro Blaserna". *Studi Goriziani*, 23, pp. 115-122.

Pozzato E. (1968). *Blaserna Pietro*, *Dizionario Biografico degli Italiani vol. 10*. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana.

Sagone V. (2002). *Pietro Blaserna e la Collezione degli Strumenti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo* (Tesi di Laurea in Fisica). Università di Palermo.

The setting up of the Chemistry Laboratory at the University of Palermo

Roberto Zingales - Dipartimento di Fisica e Chimica, Università di Palermo - roberto.zingales@unipa.it

Abstract: By the end of 1861, Stanislao Cannizzaro arrived at the University of Palermo, as Professor of Inorganic and Organic Chemistry; soon he focused on getting, from academic authorities, the room and the funds to set a chemistry laboratory. It had to be modern and well-equipped, in order to allow efficient teaching, that involved, since their first year, students with different university curricula. The setting of the laboratory was conducted according to similar projects already carried out in the most advanced European countries, such as Germany, and, after 1870, France as well. There, great importance was devoted to the training of pupils who would eventually become technicians. They would have contributed to the industrial development of the country, and therefore its economical, political and military growth. The laboratory was finished in late 1867, within the very University building. It had been equipped not only with the ultimate tools for advanced teaching and research, but also with a significant number of co-workers (both Italian and foreign), who, under the direction of Cannizzaro, gave rise to one of the leading Schools of Chemistry in nineteenth-century Europe. The laboratory set up by Cannizzaro, and his way to conduct both teaching and research (inspired by what Piria had achieved in Pisa in the second half of the 1840s), were a reference for University laboratories yet to be built. For instance, the one in Turin, set up under the lead of Michele Fileti, or the one in Naples, after the pressure of Agostino Ogliadoro-Todaro (both students of Cannizzaro). Last but not least, the laboratory in Rome, in Via Panisperna, set up by Cannizzaro himself.

Keywords: History of chemistry at the University of Palermo, Chemistry laboratory at the University of Palermo, Stanislao Cannizzaro.

1. Introduction

Before Stanislao Cannizzaro (1826-1910) was appointed Professor of Organic Chemistry, the University of Palermo simply lacked a chemistry laboratory where experimental research could be performed and lecture demonstrations prepared; this condition was shared by most of the Italian Universities.

Cannizzaro was born in Palermo; from 1845 to 1847, he served as laboratory assistant (*preparatore*) at the University of Pisa, thus getting acquainted with chemistry, under the mastership of Raffaele Piria (1814-1865).

In 1848, while in Palermo for a short stay, Cannizzaro took part in a riot against the Bourbon Government; sentenced to death, he was forced to exile. Therefore, he spent two years in Paris, working in the laboratory of Eugene Chevreul (1786-1889), under the direction of Stanislas Cloëz (1817-1883).

At the end of 1851, Cannizzaro was again in Italy, as professor at the "Collegio Nazionale di Alessandria", and in 1855 he won the chair of Chemistry at the University of Genoa. There he found a poorly adequate laboratory for research and teaching: "a dark and wet room, unfitted even for the simplest experimental lecture demonstrations" (Cannizzaro 1926, p. 8).

On September 1860, he attended the First International Congress of Chemistry, held in Karlsruhe; there, he showed a correct and unambiguous method to obtain atomic weights of the elements, from molecular weight and per cent weight composition of their compounds.

Shortly before, a military expedition led by Giuseppe Garibaldi, had freed Southern Italy from the Bourbon rule, joining it to the Kingdom of Italy. In 1861, the new Government appointed Cannizzaro Professor of Organic Chemistry at Palermo University.

2. The need for a laboratory

During his stay in Pisa, Cannizzaro had realised how important experimental practice was in the learning process of Chemistry. He strongly believed that an efficient and well equipped laboratory (like that Justus von Liebig had realized in Giessen), where research and teaching activities could be carried out, was essential to the achievement of this goal. So, before accepting his charge in Palermo, Cannizzaro asked the University administrators to build a chemical laboratory, where he could carry out a regular research activity, and achieve a double teaching aim:

a. to provide instruments and chemicals to arrange lecture demonstrations,
b. to allow all students, whatever their curriculum, to perform, by themselves, ordinary laboratory activities, in order to acquire chemical skills.

Furthermore, in such laboratory a School of Practical Chemistry could be realized, where specialized technicians could be trained, in order to support the industrial and economic take off of the country. In his opinion, an up-to-date technical education of young people would have created a new intellectual elite, that would start, manage and complete a process of economic and industrial growth, which would transform Italy into a modern country, ranking at the same level with others in Europe. In particular, since Sicily appeared very underdeveloped, under this respect, Cannizzaro was planning to set up a large scale production of sulphuric acid, exploiting the abundant Sicilian deposits of native sulphur (Paoloni 2005, p. 43).

3. Setting up the laboratory

The ruling class, which had been recently installed in Palermo by Garibaldi himself, fully understood the significance of Cannizzaro's proposal, accepting it. One of the first acts of the new Government was to improve public education, by deeply modifying the structure of Schools and Universities. It had allocated a six-million-lire fund (Paoloni 2005, p. 36) to build up new Institutes and Laboratories in the Universities of Palermo, Messina and Catania.

At Palermo University, little attention had been paid to chemical practice: since the years when Cannizzaro had attended it as a student, nothing had changed. Teachers had at their disposal nothing other than a few closets, containing chemicals and apparatus to perform very simple lecture demonstrations (Cannizzaro 1926, p. 9). By agreeing to Cannizzaro's requests, it was stated to build the new *Gabinetto di chimica* (Institute and Laboratory of Chemistry) at the upper floor of the University building, the former house of the Theatine Fathers, at the very heart of Palermo.

At the same floor were allocated a library, a collection of paintings, several wax anatomic models, a collection of archaeological and epigraphic findings, the instruments of Physics and the Mineralogy and Geology Museum (Ferla 2012, p. 234), whose direction and organisation had been committed in 1860 to Gaetano Giorgio Gemmellaro (1832-1904). In recent years, this Museum had inherited, from Count Cesare Airoldi Arrigoni (1774-1858), a large collection of minerals, stored in bulky boxes.

As the chemistry laboratory was to be set up in the rooms where these materials were stocked, the Museum had to be moved beforehand. Furthermore, administrative, financial and bureaucratic difficulties were added, thus delaying, for a long time, the completion of the laboratory.

Cannizzaro had been planning it for a long time: during his stay in Karlsruhe, he had bought a copy of the plans of the Heidelberg chemical laboratory.[1] Moreover, as emerging from his correspondence with several chemists abroad, he had been collecting hints on how and where to buy the best instruments and chemicals. Finally, he warmly supported the transfer to Palermo of the Austrian chemist Adolf Lieben (1836-1914), from whom he was sure he could receive useful advice to set up the laboratory. Cannizzaro committed him the supervising of works and the purchase of analytical balances, instruments, chemicals, scientific papers and books.

Lieben regularly kept Cannizzaro informed about the progress of works, while slowing overcoming technical and bureaucratic hurdles.[2] The analytical room, provided with a fuel gas distribution system, was finished in 1866.[3] At last, the Chemical Laboratory and the School of Practical chemistry were completed in 1867, shortly after Lieben's move to the University of Turin.

Nevertheless, Cannizzaro had at that time a significant number of co-workers: among them, Giovanni Campisi (1836-1907) was his substitute, Domenico Amato

[1] Letter of A. Pavesi to M. Lessona, 1861, in Paoloni (1992, p. 196).
[2] Letter of A. Lieben to S. Cannizzaro, 1864, in Paoloni (1993, p. 234).
[3] Letter of G. Campisi to S. Cannizzaro, 1866, in Paoloni (1993, p. 125).

(1839-1897) and Guglielmo Körner (1839-1925) were first *preparatore* (assistant), while the young Emanuele Paternò (1847-1935) was second *preparatore*.

4. Inside the Institute

The first detailed description of the Institute of Chemistry (including a map) was given in 1883 by Paternò (Paternò 1883). It consisted of a large lecture hall (adjoining a small room where demonstrations could be prepared), the Director's room and laboratory, a room for balances, a storeroom, and a room to store instruments. It was completed by a large students laboratory, built according to Cannizzaro's teaching method; it was equipped with two large benches and a smaller one, where 26 working places were arranged, and three fume hoods, to remove noxious gases and vapours.

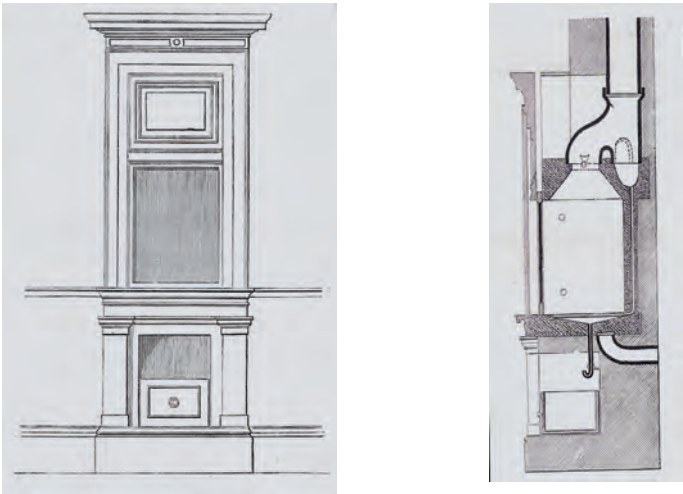


Fig. 1. Front view and section of an evaporation niche in the Bonn Chemical Laboratory

Each hood was large enough to contain several vessels or apparatus, and had glass walls, in order to allow a good illumination and a clear sight of its interior, also when it was closed. Chemists could work through the side windows, without removing the frontal protection glass.

This was a noteworthy functional improvement, compared with the evaporation niches of laboratories elsewhere. A drawing of such a niche, observed in the Bonn Laboratory by Adolf Wurtz (1817-1884), during his investigation on German scientific laboratories (Wurtz 1870, pp. 20-33), is shown in Fig. 1. As it can be seen, it was small (a square base 55 cm on each side, and 83 cm high), and was built into the wall. Only one vessel could be introduced in it, while chemical manipulations often required the use of several apparatus releasing noxious fumes (Wurtz 1870, figs. on pp. 31, 33).

Lieben was well aware of the differences and of the greater efficiency of the hoods built in Palermo. While designing his new chemical laboratory at the University of Prague, where he had been appointed professor of Chemistry in 1871, he wrote to Cannizzaro:

> Regarding the evaporation niches, I believe they can be useful, provided that they are large and with a hood, like those we had in Palermo. The niches used in Berlin are unfitting because they are small, and do not allow to put inside more that one apparatus. Finally, rather than slate tiles, I will use sheet of glass, into a wood frame. Such a hood is affordable, light and clean.[4]

5. The pupils

Once he had obtained an efficient laboratory, Cannizzaro allowed his co-workers to carry out their scientific researches there. In this way, he succeeded in creating in Palermo a School of Chemistry of international ranking (Zingales 2009), as the scientific fame he gained at Karlsruhe attracted there young chemists from abroad: Alfred Naquet (1834-1916) from France, Lieben form Austria and Guglielmo Körner (1839-1925) from Germany. Their researches and investigations made the University of Palermo the place where hypotheses on spatial arrangement of organic molecules were put forward and experimentally verified (Bargellini 1926).

Students too were admitted into the laboratory, to be trained in chemistry. Cannizzaro spent there most of his time, encouraging them, praising them for their results, correcting their errors and comforting them when an experiment failed. In this way, he aroused their love for scientific research. His best pupil was Emanuele Paternò di Sessa (1847-1935), who took Cannizzaro place when he moved to Rome, in 1872. Among Paternò's pupils in Palermo, we must remember Michele Fileti (1851-1914), who, in 1881, became Professor of Chemistry at the University of Turin, where he built a modern chemical laboratory; Agostino Oglialoro Todaro (1847-1923), who, in the same year, took the chair of Chemistry at the University of Naples (where he too built a new laboratory), and Pietro Spica Marcataio (1854-1929), who became a first class toxicologist at the University of Padua.

Thanks to the work of chemists trained at Cannizzaro's School, the realization of updated research and teaching laboratories could spread all over Italian Universities.

6. Instruments and apparatus

Most chemical instruments are delicate, as their components are made of fragile materials, such glass and porcelain, or decaying materials, as caoutchouc or rubber, while metallic components are easily oxidizable. For these reasons, only few instruments, from those acquired in the first years of the laboratory activity, survive to date. They are

[4] Letter of A. Lieben to S. Cannizzaro, 1872, in Paoloni (1994, pp. 280-281).

catalogued and preserved in the University Museum of Chemistry: unfortunately the oldest inventory books did not survive and it is impossible to date exactly the instruments bought before 1881. Anyway, from Cannizzaro correspondence, it is possible to form an idea of the instruments he bought for his laboratory: analytical balances, built in Germany from Staudinger, chemicals from H. Frommsdorf (Erfurt, Prussia), German glassware, which could be warmed without breaking, combustion tubes, made of Bohemia glass, combustion ovens, built in Heidelberg by Peter Desaga, and the new spectroscopic device, arranged by Kirchhoff and Bunsen, produced by Steinheil in Munich.[5]

Fig. 2 shows a Dumas apparatus, used to determine the vapour densities of solid and liquid substances; this procedure was essential to determine relative molecular weights of newly produced organic substances, a routine activity of advanced chemical research at the end of the nineteenth century.

Fig. 2. Dumas apparatus for the determination of vapour densities (Museum of Chemistry, University of Palermo)

Several different experimental methods had been developed to determine vapour densities by Gay-Lussac, Hofmann, Bunsen and Meyer. Accordingly, Cannizzaro's laboratory was equipped with the proper instruments. In the inventory drawn up by Giuseppe Oddo in 1924, a Gay-Lussac apparatus, two Hofmann apparatus, a Bunsen effusiometer and two Meyer apparatus are recorded. None of them has survived to date.

Synthesis and analysis of organic molecules were routinely performed, but Paternò complained (Paternò 1883) about having only one combustion oven to determine carbon and hydrogen per cent weight in organic substances, although he and his collaborators carried out more than 250 analyses each year.

[5] Letter of F.K. Bielstein to S. Cannizzaro, 1861, in Paoloni (1992, pp. 51-53).

7. The successive sites

The Institute did not underwent any significant change until the end of the nineteenth century.[6] At the beginning of the following century, funds allocated in 1860 became available, to improve or rebuild scientific laboratories of the University. Meanwhile, the main building had become inadequate to host all the different Institutes of the University: General Chemistry and Pharmaceutical Chemistry Institutes were housed into narrow and mostly dark rooms, unsuited to the usual teaching and research activities. Furthermore, liquid drainage and gaseous exhalations caused noise to neighbouring Institutes.

So, the Dean, Luigi Manfredi, decided to move away the scientific Institutes, to structures to be built on ground acquired by the municipality from the Duke of Archirafi heirs, near to the Botanic Garden, at the outskirts of the city. The new site building came to a stop in 1908, due to funding shortage; under the pressure of Giorgio Errera (1860-1933), Director of the Chemistry Institute, works restarted in 1913, but stopped again in 1915, at the beginning of the First World War, as the building was used as a military hospital. Only in 1923, at the end of the War and of the following political turmoil, the site was freed and the Institutes of Chemistry forced to move there, although the structure was not completed.

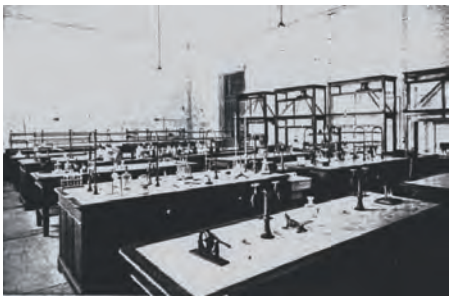


Fig. 3. The main laboratory at the General Chemistry Institute, in Via Archirafi

Fig. 4. The Library at the General Chemistry Institute

At the end of 1928 the new academic year could start in Via Archirafi site. The new Institute of Chemistry had been realized according to the plans of the new Director, Giuseppe Oddo (1865-1954), who had skilfully followed its setting up. The two-storey building consisted, among other things, of a large lecture hall (300 seats), and two student laboratories. The larger one (see Fig. 3), about 140 m^2 large and 6 m high, had 64 working places and four large fume hoods; the smaller one (70 m^2) had 36 working places and two hoods. At the upper floor there was a large library (still existing) with two-order wall bookcases providing about 1600 m of shelves (see Fig. 4).

[6] Sampolo gives accurate descriptions of the Laboratory of General Chemistry and of its equipment (1899, pp. 93-94).

About 70 years after Cannizzaro first requested a laboratory, chemists in Palermo could finally have a building expressly planned and realized for their needs, properly furnished, and placed in a healthy area of the city.

Bibliography

Bargellini G. (1926). *L'opera di Cannizzaro nella chimica organica*, in *Stanislao Cannizzaro, scritti vari*, pp. 41-48.

Cannizzaro S. (1926). *Appunti autobiografici*, in *Stanislao Cannizzaro, scritti vari*, pp. 1-10.

Ferla P., Calabrese S., Guzzetta S., Sabatino N., Scopelliti G., Truden B., Azzaro E.M. (2012). *Dall'ambra siciliana al Tecneto. Storia per un Museo di Mineralogia*, in Gerbino A. (a cura di), *Organismi. Il sistema museale dell'Università di Palermo*. Bagheria: Plumelia Edizioni, pp. 233-237.

Paoloni L. (a cura di) (1992). Lettere a Stanislao Cannizzaro. Scritti e carteggi 1857-1862. Palermo: Università degli Studi, Facoltà di Scienze (Quaderni - Seminario di storia della scienza, n. 2).

Paoloni L. (a cura di) (1993). *Lettere a Stanislao Cannizzaro: 1863-1868*. Palermo: Università degli Studi, Facoltà di Scienze (Quaderni - Seminario di storia della scienza, n. 3).

Paoloni L. (a cura di) (1994). *Lettere a Stanislao Cannizzaro: 1868-1872*. Palermo: Università degli Studi, Facoltà di Scienze (Quaderni - Seminario di storia della scienza, n. 4).

Paoloni L. (2005). *Storia politica dell'Università di Palermo dal 1860 al 1943*. Palermo: Sellerio.

Paternò E. (1883). "Il Laboratorio chimico della R. Università di Palermo nell'ultimo decennio (1873-1882)". *Gazzetta Chimica Italiana*, vol. 13, pp. 1-11.

Sampolo L. (1899). *La Regia Università di Palermo*, in *Annuario della R. Università di Palermo per l'Anno Scolastico 1899-1900*. Palermo: Stab. Tip. A. Giannitrapani, 1900, pp. 74-84.

Stanislao Cannizzaro, scritti vari e lettere inedite nel Centenario della Nascita (1926). Roma: Associazione Italiana di Chimica Generale e Applicata.

Wurtz A. (1870). *Les hautes études pratiques dans les Universités Allemandes*. Paris: Imprimerie Impériale.

Zingales R. (2009). "Stanislao Cannizzaro and the development of Chemistry in Palermo, from 1862 to 1871", *Chemistry - A European Journal*, 15 (32), pp. 7760-7773.

The Scientific Heritage of the Museum of Engines and Mechanisms

Riccardo Monastero - Museo Storico dei Motori e dei Meccanismi, Università di Palermo - riccardo.monastero@unipa.it
Giuseppe Genchi - Museo Storico dei Motori e dei Meccanismi, Università di Palermo - giuseppe.genchi@unipa.it

Abstract: The Museum of Engines and Mechanisms was inaugurated on February 25th, 2011 at the University of Palermo. It preserves more than 300 pieces, which narrate the evolution of science and technology in the field of thermal machines and their components and testify the development in scientific disciplines, technologies and industrial applications during more than one century. A rigorous chronological path through the various typological groups allows a historical walk along the last 150 years, in the area of automotive, airplane and marine engines; in the area of hydraulic machines and stationary engines; in the area of mechanical measurements and laboratory devices for scientific and educational purposes. A very interesting documentation was set up, gathering several didactic models dating from the courses given at the end of 19th century up to more recent machines, on what has somehow affected our everyday life during the years: the history of science and technology is our history as well. The collections were dug up from the sheds where they had been stored during the years and a scrupulous and patient restoring work, together with very accurate historical researches, have cleared everything from the coating of so long oblivion and have given the proper museum dignity to each element, making it available for the students and all the country: for whoever is interested in reading the history in a different way.

Keywords: Museum of Engines and Mechanisms, University of Palermo, www.museomotori.unipa.it.

1. The Historical Museum of Motors and Mechanisms

The Historical Museum of Motors and Mechanisms, which opened on February 25, 2011, contains more than 300 elements that describe the evolution of science and technology in the field of machinery and of their constituent parts; it testifies to the progressive development of scientific disciplines, technologies, and their industrial application through more than one century.

It is located in the Polytechnic School of the University of Palermo in the Department of Chemical, Management, Computer Science, and Mechanics Engineering; it covers an

area of 500 m^2 that is divided into 7 main exhibition areas, each dedicated to a particular theme. The Museum also has its own restoration workshop, a conference hall with 160 seats, some spaces for temporary exhibitions, and a large inner garden accessible for events.

A strictly chronological path allows, within the various typological groups, to retrace the last 150 years of history in the field of automotive engines, as in that of the heavy traction; in the fields of aircraft engines, hydraulic machines, industrial engines for fixed installations; in the fields of mechanical measurements, training equipment and laboratory.

From the teaching models that were used during the courses of instruction that took place in the second half of the nineteenth century, and until recently dating machines, a document of great interest has been rebuilt, on what has supported the every-day life of each of us over the years; the history of science and technology is also our story.

Figs. 1-2. The Museum: exhibition halls

Exhuming all pieces from the warehouses in which they had been kept over time, a meticulous and painstaking restoration, accompanied by careful historical researches, has released each element from the consequences of many years of neglect, restoring his rightful dignity to be shown and making it available to the enjoyment of the students, the City, the Country: all those who are interested to read a page of history in a different way.

Precisely for this purpose, the Museum organises several cultural events in collaboration with several organizations with the aim to promote and disseminate scientific culture.

2. The collections

The history of the collections of scientific and teaching equipment that the Museum houses began in the second half of the nineteenth century with the founding of the Royal School of Application for Engineers (1860).

They testify, on the one hand, the evolution of technical and scientific cooperation in the field of Machinery and Mechanics in general, but also those transformations, contextualized in terms of academic history, showing what has been the evolution of the structures of research and education in the field of mechanical engineering at the

University of Palermo, from its founding to the present, whose development is closely connected to that of industry and technology.

These collections are then, in a more or less direct way, also witnesses of generations of teachers and non-teachers that have occurred over time, of their activities and of the evolution of methods of work in time, of the places in which the Engineering Faculty was born and then developed: from the ancient seat of Via Maqueda until the new headquarters of today inside the Parco d'Orléans.

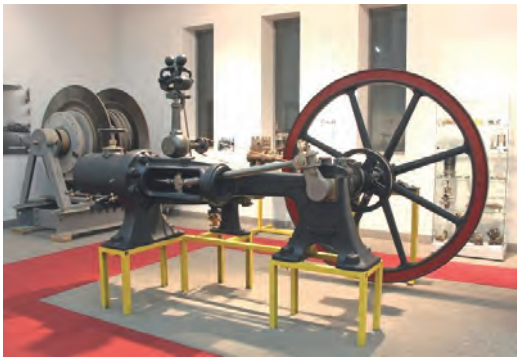


Fig. 3. Steam engine of the late 19th century

The awareness of the considerable historical and collectible value of these assets, and the need to preserve them imposed the restoration and suggested the organization in the form of a museum; a meticulous historical research and an acquisition of technical data have been undertaken to this end, in order to be able to return each piece to its correct value.

The analysis and synthesis of the large amount of data collected also allowed the creation of a vast iconography.

The organization of the Museum, which is simple and linear, groups the items shown according to their type following, in each of the sections, a strict chronological order; all elements are then accompanied by a display panel containing the main technical and historical data, as well as photographs and explanatory drawings.

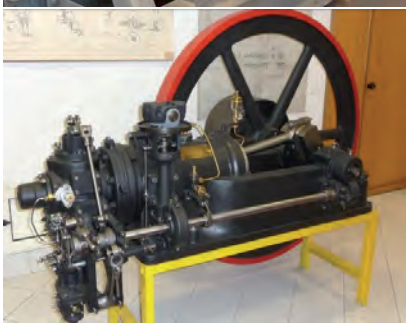
The Museum, in addition to cherish and preserve the historical and scientific heritage related to the field of Machine and Applied Mechanics, has the task of making it available to the public; because of the academic location, the educational aspects were carefully focused during the implementation phase of exhibition taking into account not only the presence of the students of the Engineering Faculty, but also of the students of the secondary schools for whom an exposure with such features is certainly a very interesting opportunity.

With this aim, the section of educational models and scientific equipment plays a key role; there, it is possible to follow in detail the various steps of the evolution of the mechanics of machines, as well as providing a fairly broad overview of the possible solutions of the individual mechanisms.

3. Steam engines

Steam engines are an example of the first modern machines used for the transformation of energy; they have played a crucial role in the second half of the eighteenth century, during the First Industrial Revolution, and later on, during the Second Industrial Revolution (the second half of the nineteenth century).

Their use in processing of raw materials, consumer products and subsequently in the field of transport and electricity production had, as is well known, significant and irreversible effects that have led to the transition from a socio-economic system predominantly of the handcraft, trading and agricultural type to a modern industrial system.



Figs. 4-5-6. Ship steam engine, dual expansion (left); Ljungström steam turbine (top); Hille-Werke AG diesel engine (bottom)

In the Royal Application School for Engineers in Palermo the first studies relating to steam engines date from the second half of the 19th century, as evidenced by the oldest scientific equipment in the Museum.

At that period belongs the great steam engine used to drive machinery in a manufacturing plant: the looms of a textile factory, the machine tools of the mechanical industry or the pumps for the water extraction in the mines; the pattern of the industrial plant has then remained almost unchanged until the first half of the 20th century.

Exhibited in the Museum is also a marine steam engine of the *double expansion*

type with two cylinders *double effect*, which was employed in small motor boats such as yachts and fishing boats until the end of 19th century; it has been fully restored to show the motorized movement of its organs.

Fig. 7. Ruston Proctor & Co. gas engine

The large steam turbine Ljungström turbine from the ancient power plant of Via A. Volta (Porta Carbone) in Palermo dates on the contrary from the 20s of the 20th century. This turbine is characterized by a particular type of construction, now disused, and is a piece of history of the city: while remaining intact during the bombings of World War II, it has provided electricity to most of the city until 1952.

In the course of the 20th century the piston steam engines or for fixed installations were gradually replaced by the gas and diesel-fuelled ones, though retaining the overall architecture of the former and their essential elements for the regulation of power: example of this evolution are the two diesel engines for fixed installation, the Hille Werke AG and the HMG, and the two gas engines, also for fixed installation, the Ruston Proctor & Co (Series CD) and the Langen & Wolf, all of the early 20th century.

4. The aero-engines

After the first flight of the Wright brothers in 1909, the aviation industry underwent rapid development and the early aircraft engines, originating often from the automobile industry, have evolved until the advent of the jet engines towards the end of World War II. The series of aircraft engines in the collection begins with those for German military aircrafts dating back to World War I; they are part of a batch of engines given away by Germany as part of war reparations.

Their arrival in Palermo is linked to that of prof. Antonio Capetti, Professor of Aircraft Engines of the Politecnico di Torino, who became Rector some years later and held the chair of Thermal and Hydraulic Machines of the Royal University of Palermo in 1925.

The Siemens Halske aero engine (1915-1918) is particularly interesting. It is a special type of air cooled radial engine in which the cylinders turn around the crankshaft; the propeller is connected to cylinders while the crankshaft is fixed to the frame. In this

arrangement all the rods lie on the same plane with clear advantages with regard to the inertia load balancing, the engine length, and the good cooling capability. Other engines of various kinds are observable: radial or in-line cylinder engines, liquid or air cooled.

Fig. 8. Siemens Halske aero engine

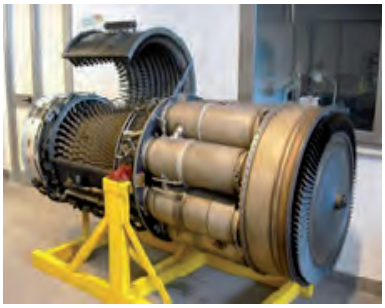
During the 20s and 30s several Italian manufacturers have developed a large variety of aircraft engines up to the World War II. The Museum collection includes some representative exemplars of that period such as the FIAT A.80, FIAT A.74 and a Mercedes DB605, technically very advanced for its time, which was used in German and Italian fighter planes, such as the Messerschmitt Bf 109 and the Fiat G.55.

Fig. 9. Radial aero engines, from left to right: Fiat A 50, Fiat A 74, Fiat A 80

Finally, to the period of the Cold War belong the large jet engines, such as the American General Electric J47 and the English DH Ghost.

5. The automotive engines and heavy traction engines

The section of automotive engines houses various types of automobile engines for various applications, most of which have been gradually acquired and used for research purposes and for educational purposes, as is still the custom of the School, in the wake of a continuous technical and scientific development.



Figs 10-11. Mercedes Daimler-Benz 605 aero engine; General Electric J47 jet engine

The oldest of these is the engine type Fiat 101, produced from 1919 to 1926 for the car Fiat 501, which, in chronological order, was followed by the engines produced in the 30s and 50s and 60s: a Fiat 1100 engine, one of a Fiat 500 Giardiniera and an Alfa Romeo *twin-OHC* for the Alfa Romeo Giulietta 1300, which was produced for a long time in various versions.

Of the same period is the 6-cylinder V engine of the prestigious Lancia Flaminia 2500 exhibited along with his clutch-gearbox-differential *transaxle type*.

Among the most significant engines, the Fiat engine with eight in V cylinders can be seen, which was designed for the sports car Fiat 8V, was produced in only 112 copies and won numerous sporting events, including the 1955 Targa Florio.

High performance engines are also the two Fiat Dino, 2000 and 2400, born from the collaboration between Fiat and Ferrari, which were produced and used on sports cars by both manufacturers in the 60s and 70s.

The Dino 2400 equipped also the Lancia Stratos that, in the competition versions, met with many successes, including the winning of the Group 4 World Rally Championship from 1974 to 1976.

Among the diesel engines for heavy-duty vehicles, the Museum collection includes a rare and technically refined Lancia Junkers two-stroke opposed piston engine, used in the 30s in the truck Lancia Ro, widely used during World War II.

The Museum collection also includes some motorcycle engines and other less conventional ones, such as a Wankel engine and an experimental prototype of rotary engine with toroidal combustion chambers, built at the Institute of Machine of the University of Palermo in the 60s.

Figs. 12-13-14-15. Top (left to right): Fiat 101 motor and Alfa Romeo 1300 motor; Bottom (left to right): Fiat 8V motor and Lancia-Junkers truck engine

6. Scientific and educational equipment

In the exhibit hall dedicated to the scientific and educational equipment the oldest objects of the Museum are preserved, dating from the second half of the 19th century.

The scientific instruments have been used over time in different laboratories to prepare tests in the field of Machines and Applied Mechanics. In the collection there are several devices for the analysis of mechanical vibrations, for measurements of pressure, temperature and velocity, for experimental studies on internal combustion engines and powertrain systems.

The Museum has a collection of more than one hundred didactic models of elementary machines, mechanisms, transmission components, mechanisms for the description of the coupling profiles between mechanical elements.

Furthermore, others items represent sections of the main types of steam engines, which were used in the 19th century in various fields of civil engineering and industrial applications. These models were built for educational purposes by specialized German and Italian workshops in the second half of the 19th century and belonged largely to the

Cabinet of Applied Mechanics of the Royal School of Application for Engineers. Even today some of them are used as teaching tools useful for their ability to clearly represent some of the most important principles of mechanics remained unchanged over time.

7. The Fiat G.59 aircraft

Among the most recent acquisitions, an important place is certainly taken up by the Fiat G.59 plane, a two-seater trainer aircraft of the 50s, one of the only five complete surviving exemplars, and therefore one of the most important exhibits of the Museum.

Fig. 16. Fiat G.59 military trainer aircraft

The trainer aircraft Fiat G.59 was one of the last high-performance aircraft equipped with reciprocating engine before the advent of modern turbojets, as well as a symbol of the rebirth of post-war Italian aeronautical industry.

In 1947, the engineer Giuseppe Gabrielli, one of the most important Italian aircraft designers, developed the G.59 from Fiat G.55 Centauro, which was considered one of the best fighter aircraft of World War II.

The G.59, always appreciated both in Italy and abroad, was produced in the factories of Fiat Aviation in Turin since 1950, to be mainly used until 1965 as the Air Force aircraft for advanced training and acrobatics. It has a wingspan of 11.86 m and a length of 9.50 m, with an unladen mass of 2850 kg. The aircraft has a Rolls Royce supercharged V-12-cylinder with a maximum power output of 1660 hp. Thanks to this engine, driving a four-blade propeller with automatic variable pitch system, the aircraft can reach a top speed of 609 km/h at an altitude of 6400 m and an operative ceiling of 12,000 m.

The Fiat G.59 4B having the Military Serial number 53530, after ending its operational service in the Air Force (in Rome), was purchased in 1964 by the former

Institute of Aeronautics of the University of Palermo and today, entrusted to the Museum of Engines and Mechanisms for its restoration, is displayed in a glass case specially set up outdoors, and is then fully and freely accessible to the public.

Bibliography

Filippi F. (1983). *Dall'elica al getto, breve storia dei propulsori aeronautici.* Torino: Edizioni EDA (Supplemento a Notiziario tecnico AMMA, n. 1).

Gersdorff (von) K., Schubert H., Ebert S. (2007). *Flugmotoren und Strahltriebwerke*. Bonn: Bernard und Graefe Verlag.

La Mantia F.P. (2006). *Contributi per una storia della Facoltà di Ingegneria di Palermo.* Palermo: Fotograf, vol. 2.

Webliography

[Museo storico dei motori e dei meccanismi].
URL: <http://www.museomotori.unipa.it> [access date: 23/06/2016].

[Sistema Museale dell'università degli Studi di Palermo].
URL: <http://musei.unipa.it/> [access date: 05/07/2016].

Storia della radiologia e ruolo dell'accademia siciliana
Il Museo della Radiologia di Palermo

Massimo Midiri - Dipartimento di Biopatologia e Biotecnologie Mediche e Forensi, Università di Palermo - massimo.midiri@unipa.it

Abstract: The Museum of Radiology of Palermo is the only one of its kind in Italy. It contains a collection relating to the X-Ray and the life of Pietro Cignolini who was the founder of the Department of Radiology in the hospital of Palermo. The Museum's collections comprise a remarkable group of instruments related to the discovery of X-rays and their diagnostic and therapeutic applications.
The aim of the Museum is to show the visitor the history of radiology with a purpose that goes beyond the simple description of historical facts. This is obtained by telling the history in terms of events, facts, news and presenting the tools that characterize and differentiate radiology from all other medical disciplines. The atmosphere inside the Museum is one of scientific and cultural integration that comes from a real synergy between the historical elements and modern elements in use during the daily activities of the hospital.

Keywords: University of Palermo, Museo della Radiologia di Palermo, Istituto di Radiologia di Palermo, Pietro Cignolini.

1. L'Istituto di Radiologia di Palermo

L'Istituto di Radiologia di Palermo è nato con la sua odierna indipendenza strutturale e organizzativa nella metà degli anni Sessanta. Nel 1964 Pietro Cignolini (1897-1993) lo descrive scrivendo:

> L'Istituto di Radiologia di Palermo inteso come casa mia, cioè come paziente costruzione a cui do il meglio di me da molti anni, con l'ambizione di lasciare una durevole, benefica traccia. Non vi è dubbio che è discorso per la mia casa, se per mia casa vorrete con me intendere la spirituale raccolta di studiosi, di ricercatori, di medici appassionati e colti che sono venuti a costituire il corpo, ricco di vita e di volontà di affermazione di quelli, che con orgoglio, dico miei allievi e collaboratori (Cardinale, De Maria 1995, p. 11).

Pietro Cignolini nasce a Genova il 22 febbraio 1897. Terminate le scuole superiori, si iscrive al corso di laurea in Medicina e Chirurgia. Ma all'inizio della guerra con l'Austria si arruola nel battaglione bersaglieri ciclisti. Nel 1916 con lo scioglimento del battaglione continuò a servire l'Italia come soldato volontario per poi diventare ufficiale mitragliere

di fanteria. Durante il periodo della guerra le sue iscrizioni andarono avanti d'ufficio, e quindi con il congedo del gennaio 1919 ritorna a dedicarsi anima e corpo ai suoi studi per recuperare gli esami che aveva tralasciato durante la guerra. Con grandi capacità, riesce nell'impresa di recuperare gli esami, e si laurea nel 1921 a pieni voti a Cagliari, rispettando i canonici sei anni del corso. Subito dopo la laurea, decide di intraprendere la specializzazione in Radiologia nell'Istituto di Radiologia ed Elettroterapia dell'Università di Roma, diretto dal Prof. Ghilarducci, e contemporaneamente frequentava la Divisione di Radiologia del Policlinico Umberto I, diretta dal Dott. Esdra.

Durante il 1922 a S. Felice Circeo, a Terracina, S. Donà di Piave e Portogruaro si occupò di malaria e di radioterapia antimalarica insieme al premio Nobel Camillo Golgi. Conseguì il diploma di perfezionamento in Radiologia ed Elettroterapia nel 1923. Sempre nel 1923, divenne assistente straordinario del Prof. Maragliano presso l'Istituto di Radiologia dell'Università di Genova sino al 1926.

Nel 1924 si iscrisse alla "Società Italiana di Radiologia", e nel 1925 pubblicò uno dei suoi primi lavori su *La Radiologia Medica*.

Nel 1926 si aprì a nuovi orizzonti. Questo per Cignolini fu un anno importante di un suo personale percorso, che lo portò sia allo studio delle sorgenti radioattive, che ad approdare alla clinica medica del Prof. Pende come radiologo della clinica. Il suo particolare interesse per le sorgenti radioattive lo stimolò fortemente sino ad arrivare alla creazione delle stazioni idrotermali per emanoterapia.

Nel 1929 divenne libero docente in Radiologia. La sua esperienza nella clinica medica del Prof. Pende continuò sino al 1953. Questa fu un'esperienza importante sia a livello scientifico che a livello culturale, che lo portò a scrivere molti anni dopo:

> La Radiologia non è una specialità, ma una clinica, in possesso di una seconda vista, l'ottica-Röntgen. Come se fossimo, noi e i clinici, insieme in una caverna semibuia, loro non possedendo la visiona notturna e noi si. Noi vediamo nella caligine quello che anche loro vedono, e in più siamo nictaopi, penetriamo la foschia come loro non possono […]. È una visione molto orgogliosa della nostra professione. Esigente certo. Ma affascinante […] (Cardinale, De Maria 1995, p. 14).

Nel 1951 fondò la rivista scientifica *Radiologia Pratica*; tre anni dopo alla fine dell'esperienza nella clinica medica, il suo intenso lavoro e la sua tenacia gli valsero l'incarico di Radiologia nell'Università di Messina. Lì in poco tempo ristrutturò prima l'Istituto messinese e costituì dopo il consorzio siculo-calabrese per la diagnosi e cura dei tumori, con un impianto di cobaltoterapia.

Nel 1956, infine, fu chiamato a Palermo come incaricato e poi come vincitore del concorso per ordinario. Qui realizzò il sogno di creare non un semplice Istituto di Radiologia ma tutta una Scuola di Radiologia, che dovesse essere il centro di riferimento per tutto il Meridione.

Ma Cignolini non fu solo questo; fu anche e soprattutto uomo di scienza. Inventò la chimografia analitica, progettando il polichimografo. Questa per tanti anni fu l'unica metodica capace di dare informazioni dirette e proprie del tessuto cardiaco, precedendo altre moderne metodiche come l'ecocardiografia.

A livello internazionale ricoprì numerose cariche, tra cui la presidenza dell'ICRE e la direzione del bollettino ufficiale dell'ISR.

All'età di settant'anni terminò per anzianità l'attività accademica formale, ma continuò le sue attività di ricerca personale e le sue analisi metodologiche. Si spense infine nella notte del 18 settembre del 1993 a Genova all'età di 96 anni.

2. La fondazione del Museo della Radiologia di Palermo

Il Museo della Radiologia di Palermo è stato inaugurato nel dicembre 1995 in occasione del centenario della scoperta dei raggi di X, alla presenza del Sindaco di Palermo, del direttore del "Röntgen Museum" di Ramscheid-Lennep e del presidente della Società Italiana di Radiologia.

L'idea della creazione del Museo è nata nei primi anni Novanta, quando l'Istituto di Radiologia ha vissuto un momento di grande rinnovamento per quanto concerne le attrezzature medico-scientifico in suo possesso. Infatti, la sostituzione delle apparecchiature più datate con quelle più moderne hanno aperto un nuovo scenario per l'Istituto e cioè quello di preservare le apparecchiature più datate e conferirgli il giusto merito storico e integrarle all'interno della nuova struttura. Tra le altre da sostituire vi erano anche i prototipi ideati dallo stesso Pietro Cignolini fondatore della Scuola radiologica palermitana.

Il Museo è ospitato all'interno dell'Istituto di Radiologia dell'Università di Palermo, che venne costituito nel 1926 per iniziativa del direttore della Clinica Medica, professore Liborio Giuffrè. Per i suoi primi cinquant'anni l'Istituto non ebbe una sua struttura autonoma, ma venne ospitato nei locali della stessa Clinica Medica. Dalla metà degli anni Cinquanta, l'Istituto fu diretto Pietro Cignolini, che subentrò a Giuseppe Epifano (1886-1955). Il progetto di Cignolini era quello di costruire un complesso che potesse accogliere l'Istituto di Radiologia e che potesse fungere da centro di riferimento regionale per la radiologia e che a questa potesse dare il giusto ruolo all'interno dell'iter diagnostico medico. E così, alla metà degli anni Sessanta, fu costruito il complesso che ad oggi ospita l'Istituto di Radiologia.

3. Obiettivo museale

Il Museo è articolato in cinque piani nei quali sono esposti diversi macchinari, che hanno fatto la storia della radiologia. Il Museo è distribuito sia in ambienti comuni all'attività del reparto, sia in ambienti esclusivamente adibiti all'esposizione museale, che si ritrovano al primo piano dell'Istituto.

La concezione del Museo è quella di presentare al visitatore la storia della radiologia, facendo rivivere le scoperte scientifiche che hanno posto le basi per la moderna radiologia medica. L'atmosfera che si respira all'interno del Museo è quella di una integrazione scientifico culturale che proviene da una vera e propria sinergia tra gli elementi storici e gli elementi moderni in uso durante la quotidiana attività dell'istituto.

Quindi il visitatore si ritrova proiettato in un ambiente, quello del reparto, nel quale può vivere in modo consapevole le scoperte lontane del passato che si ripercuotono in modo vigoroso e costante nell'attività sanitaria di un ospedale.

Il Museo della Radiologia, infatti, diventa così simbolo dell'art. 2 dello statuto dell'International Council of Museums: un'istituzione permanente, senza scopo di lucro, al servizio della società e del suo sviluppo, aperta al pubblico, che compie ricerche sulle testimonianze materiali dell'uomo e del suo ambiente, le acquisisce, le conserva, le comunica e soprattutto le espone a fini di studio, di educazione e di diletto.

4. Il percorso museale

Il percorso si sviluppa al primo piano, dove ritroviamo i momenti salienti della storia della radiologia. Il percorso ha inizio con la scoperta dei raggi X del 28 dicembre 1895 con la prima comunicazione di Röntgen e con i primi commenti della comunità scientifica dell'epoca tra cui Lehmann che commentò la scoperta con la celebre frase: «Non un metodo, ma tutta una scienza si svilupperà dalla scoperta del Maestro» (Balli 1943, pp. 14-15).

È proprio così da quel lontano momento si apre un nuovo comparto scientifico con al centro i raggi X, e all'interno del Museo possiamo rivivere i vari passaggi di questa nuova scienza che l'hanno portata al centro dell'interesse medico.

Parte del percorso museale ricorda l'opera di Marie Curie, che ha vinto ben due premi Nobel, il primo per la fisica nel 1903 per gli studi sui fenomeni radioattivi e il secondo nel 1911 per la chimica per la scoperta del radio e del polonio e il loro isolamento e concentrazione. Lei fu la prima e l'unica donna a vincere due premi Nobel in due discipline diverse. Non influenzò la comunità scientifica solo per questa scoperta, ma fu da esempio per molti anche per la sua decisione di non depositare il brevetto internazionale per il processo d'isolamento del radio, preferendo quindi di lasciarlo libero e permettere che il progresso non fosse ostacolato, favorendo lo sviluppo della scienza in un ottica di cooperazione internazionale. Il suo lavoro si notò pure durante gli anni della prima guerra mondiale quando sostenne l'uso delle unità mobili di radiografia come mezzo di diagnosi per i soldati feriti.

Con continuità concettuale sempre al primo piano è stata allestita una sala radiologica dei primi anni Trenta, nella quale il visitatore si ritrova proiettato in un mondo scientificamente lontano, nella quale potrà fare una esperienza nuova e comprendere in modo completo come i radiologi dell'inizio del Novecento lavoravano. Potrà vedere i primi grembiuli usati dai radiologi del tempo ed i guanti di piombo. Questa sala si pone come obiettivo quello di predisporre il visitatore a fare un salto concettuale e quindi a prepararlo alle scoperte ed innovazioni scientifiche che si succederanno da lì a poco; e quindi di fare vivere delle emozioni nuove che sono proprie degli uomini di scienza, di quando questi riescono nel loro scopo ed entrano nella storia.

Il percorso, dunque, continua sino ad arrivare al 1979 con l'invenzione della tomografia computerizzata altra pietra miliare della radiologia. Questa fu ideata dall'ingegnere inglese Godfrey Hounsfield e dal fisico sudafricano Allan Cormack che

vinsero il premio Nobel per la medicina proprio nel 1979. Il primo tomografo computerizzato fu installato all'Atkinson Morley Hospital di Londra per lo studio delle strutture craniche e da lì a poco si sviluppò tutto un nuovo settore radiologico fino ad arrivare ai giorni nostri.

All'interno delle sale museali possiamo ritrovare le antiche macchine elettrostatiche che venivano usate per la produzione di elettricità dagli studiosi del XVIII e XIX secolo. Vi è anche una sezione dedicata ai tubi a raggi catodici con l'esposizione di vari modelli, tale da poter notare le modifiche che hanno subito nel corso tempo con il progresso tecnologico.

In un'altra sezione del Museo si possono osservare altri reperti storici che sono stati donati dai padri della radiologia italiana. Infatti possiamo ritrovare alcuni manoscritti di Orso Mario Corbino, la tesi di laurea autografa di Gioacchino Arnone, che fu il primo radiologo siciliano, la lente biconvessa di Antonio Sciascia. Vi è conservato anche il martello con cui fu inaugurato il primo Congresso di radiologia.

Bibliografia

Cardinale A.E., De Maria M. (1995). *Museo della Radiologia. Palermo, Istituto di Radiologia "Pietro Cignolini"*. Napoli: Liviana Idelson.

Cardinale A.E. (1997). *Una lezione senza età. Centenario della nascita di Pietro Cignolini*. Napoli: Idelson-Gnocchi.

Balli R. (1943). *Semeiotica e Diagnostica Röntgen*. Milano: Wassermann, vol. 1.

Sicily and the development of Econophysics The pioneering work of Ettore Majorana and the Econophysics Workshop in Palermo

Rosario N. Mantegna - Center for Network Science & Department of Economics, Central European University, Nador Budapest; Dipartimento di Fisica e Chimica, Università di Palermo - rn.mantegna@gmail.com

Abstract: Sicily has played an important role in the development of the new research area named *Econophysics*. In fact some key ideas supporting this new hybrid discipline were originally formulated in a pioneering work of the Sicilian born physicist Ettore Majorana. The article he wrote was entitled "The value of statistical laws in physics and social sciences". I will discuss its origin and history that has been recently discovered in the study of Stefano Roncoroni. This recent study documents the true reasons and motivations that triggered the pioneering work of Majorana. It also shows that the description of this work provided by Edoardo Amaldi was shallow and misleading. In the second part of the talk I will recollect the first years of development of econophysics and in particular the role of the "International Workshop on Econophysics and Statistical Finance" held in Palermo on 28-30 September 1998 and the setting in 1999 of the "Observatory of Complex Systems", the research group on econophysics of Palermo University and Istituto Nazionale di Fisica della Materia.

Keywords: Econophysics, Ettore Majorana.

1. Introduction

Econophysics (Mantegna, Stanley 2000) is a hybrid discipline at the interface between physics and economics that has developed since the 1990s. Econophysics uses methods and tools of statistical physics, complexity science, network science and data mining in the analysis and modelling of economic and social systems. Similarly to the development of several new disciplines the development of econophysics was gradual and was characterized by the selection of scientific problems pursued by a group of pioneers, by the editorial policy of academic journals, by the foundation of new journals, and by the organization of workshops and congresses that have connected the first research community working in the new discipline. During the setting of a new research community, the identity of the community is originally shaped by the cultural background of the first participants and by some cultural heritage that assumes the role of a pioneering view.

The paper of Majorana on "The value of statistical laws in physics and in social science" (Majorana 1942, Mantegna 2005, Bassani *et al*. 2006) was the most influential historical paper that was reconsidered and discussed during the first years of development of econophysics. We will show that the origins of this paper are rooted in Sicily. More generally Sicily, the biggest island of Italy, was contributing to the development of this new discipline under several respects. In fact, the first econophysics paper (Mantegna 1991) presents as one of the affiliations of the author the University of Palermo. Sicily was also the location for one of the first Meetings on Econophysics. This was the "International Workshop on Econophysics and Statistical Finance" held at the University of Palermo, Italy in 1998. This workshop is the first workshop on econophysics that has published proceedings (Mantegna 1999). Finally, one of the first econophysics research groups was set in Palermo, Italy in 1999 when a group of young researchers established the "Observatory of Complex Systems" that specialized during the first years in the modelling of high-frequency financial data and in the early investigations of financial correlations.

In this article I will report on some recent discoveries (Roncoroni 2012) about the true reasons that motivated Ettore Majorana to write his paper on the value of statistical laws. I will also recall the 1997-1998 period of the first econophysics meetings. Specifically I will focus on the Budapest meeting of July 1997, on the Rome (March 1998), and on the Palermo (September 1998) meetings. A brief recollection about the first years of activity of the Observatory of Complex Systems will also be provided.

2. Majorana's article on "The value of statistical laws in physics and in social science"

The history about the article of Ettore Majorana on "The value of statistical laws in physics and in social science" is quite intriguing. During the years the information available about his origin, nature, and scope have changed thanks to new studies of the original documents. Ettore Majorana was not a prolific author. He published 9 articles before his disappearance and a tenth article was published in 1942, thanks to the interest of his former friend Giovanni Gentile Jr.

As the majority of Majorana's papers, the paper was originally published in Italian. Also for this reason the paper was not accessible to a large readership until the paper was translated in English in 2004 (Mantegna 2005, Bassani *et al*. 2006). However, the original language was not the only reason why the paper was not known to a wide readership.

The article presents a physicist's point of view about the value of statistical laws in physics and social sciences to scholars of different disciplines such as sociology or economics. Ettore Majorana is focusing on the observation that quantum mechanics has forced physicists to recognize that laws as basic as the radioactive decay of a single atom must contain a statistical character. Majorana then concludes that the presence of an inevitable statistical character in basic physics laws shows that there is an "essential analogy between physics and social sciences, between which it turned out an identity of value and method".

In fact, before the setting of econophysics, this paper was considered by most of the leading Italian physicists as a rather peculiar one. For example, in his biography of Ettore Majorana, Edoardo Amaldi (Amaldi 1966) just wrote a single sentence[1] without any scientific comment on it in a biographical and scientific note of 49 pages. Even today, Majorana's point of view might perhaps still be rather unpopular among traditional physicists, in spite of more than 70 years of quantum mechanics and after some major breakthrough in the fields of critical phenomena and chaos theory.

Until a few years ago there were not many details on the origins, motivations and writing procedure of the article on the value of statistical laws was. The only public source about the writing process was Giovanni Gentile who wrote, in a note of the published version of the paper in *Scientia* (Majorana 1942), the following text:

> This article of ETTORE MAJORANA – the great theoretical physicist of Naples University who was missing on March 25, 1938 – was originally written for a sociology journal. It was not published perhaps due to the reticence that the author had in interacting with others. Reticence that convinced him to put inside a drawer important papers too often. This article has been conserved by the dedicated care of his brother and it is presented here not only for the intrinsic interest of the topic but above all because it shows us one aspect of the rich personality of MAJORANA that so much impressed people that knew him. Thinker with a sharp realistic sense and with an extremely critics but not skeptic mind. He takes here a clear position concerning the debated problem of the statistical value of basic physics laws. This aspect considered by several scholars a defect similar to a charge of indeterminism in the evolution of nature; it is indeed for MAJORANA a reason to claim the intrinsic importance of the statistical method. Up to now this method has been applied only to social sciences and in the new interpretation of physics laws it fully recovers its original meaning. GIOVANNI GENTILE jr., 1942.[2]

The recent study of Stefano Roncoroni (Roncoroni 2012) shows that the origin, motivations, and goal of Majorana's paper were completely different from what was stated by Giovanni Gentile Jr. in the *Scientia* short presentation of the paper. In fact, the documents found by Roncoroni at the "Fondo Majorana" of the Regional Library

[1] The sentence states: "Probabilmente risale a quell'epoca il manoscritto sul valore delle leggi statistiche nella fisica e nelle scienze sociali che, trovato fra le sue carte dal fratello Luciano, fu pubblicato dopo la sua scomparsa a cura di Giovanni Gentile Jr.» ("Probably it is of that period the manuscript on the value of statistical laws in physics and in social science that was found by his brother Luciano and was published after his disappearance by his former friend Giovanni Gentile Jr.").

[2] In Italian in the *Scientia* publication: "Questo articolo di ETTORE MAJORANA – l'insigne fisico teorico dell'Università di Napoli scomparso senza lasciar traccia di sè il 25 marzo 1938 – fu scritto originariamente per una rivista di sociologia. Ma non fu pubblicato, forse per quella scontrosa reticenza che aveva l'Autore ad aprirsi con gli altri e che lo persuadeva troppo spesso a chiudere nel cassetto lavori anche importanti. Questo articolo c'è stato conservato dall'amorosa cura del fratello e viene qui presentato non solo per l'interesse in sè dell'argomento, ma anche sovratutto perché ci mostra un lato della ricca personalità del MAJORANA, che tanto attraeva coloro che lo conoscevano. Pensatore che univa a un acuto senso realistico uno spirito estremamente critico, ma non scettico, egli assume qui una chiara posizione di fronte al dibattuto problema del valore statistico delle ultime leggi fisiche. Questo che a molti sembra un difetto, come una denuncia d'indeterminismo nel divenire della natura, è invece per il MAJORANA un motivo per rivendicare l'intrinseca importanza del metodo statistico, sinora nella sua essenza applicato solo nelle scienze sociali e che nella nuova interpretazione delle leggi fisiche ritrova intero il suo significato originario. GIOVANNI GENTILE jr., 1942".

"Gianbattista Caruso" of Catania, Italy, show that the motivation for the writing of the manuscript originated within the Majorana family. In fact, the article was requested to Ettore from his uncle Giuseppe Majorana. The article was originally intended to be included in a volume celebrating the academic achievements of his uncle just at the period of his retirement. Giuseppe Majorana was a professor of Economics at Catania University with research interests in theoretical and applied statistics (Majorana 1889a, Majorana 1889b). The request of the paper was done by Giuseppe Majorana with a letter that was received by Ettore in January 1936. The letter of acceptance from Ettore Majorana to his uncle is dated January 30th, 1936. Most probably Ettore started to work on the article quite soon after his response and completed it by March 4th, 1936. In fact the first version of the manuscript (essentially coincident with the version we know from the *Scientia* publication) was sent to Giuseppe by mail on March 4th, 1936. Differently from what stated in Amaldi's biography and in the short text of Gentile, these documents show that in 1936 Ettore was interested in physics, and reflecting on the impact of the new concepts of quantum mechanics on other disciplines. Moreover, he had no reluctance to publish what he wrote and was also quite fast in finalizing his contribution.[3]

3. The first Econophysics Meetings

The first Econophysics Meeting was organized by Imre Csabai, János Kertész and Imre Kondor in Budapest on July 21-27, 1997. The meeting was called "Workshop on Econophysics". The opening talk entitled "Can statistical physics contribute to the science of economics?" was delivered by H. Eugene Stanley. The program listed 26 one-hour presentations.[4] The workshop was attended by 60 participants.[5] The second Econophysics Meeting was organized by Maurizio Serva, Angelo Vulpiani and Yi-Cheng Zhang in Rome on March 12-13, 1998. This meeting was called "Informal Meeting on Statistical Finance". The opening talk entitled "Power-laws, information and hierarchy in financial markets" was delivered by Rosario Mantegna. In this meeting there were 16

[3] The recent discovery of Roncoroni on the origins of the effectively 9th and not, as believed so far, 10th article of Majorana shows that the reports of Amaldi and Giovannino Gentile on the research activity of Ettore Majorana during the period 1934-1937 are not supported by documents. The case of the manuscript on the value of statistical laws is not the only discrepancy. Another example concerns Ettore Majorana's willingness to participate in the academic life of the Institute of Physics in Rome. It is now documented (Guerra, Robotti 2008) that during 1933-1937 Ettore Majorana offered to deliver free courses. Specifically, during the academic year 1933-1934, he offered a free course entitled "Mathematical methods of quantum mechanics" that was approved by the Director of the Institute (on that year Orso Maria Corbino) and by the Faculty council but that did not take place. During the academic year 1935-1936 he also offered a course entitled "Quantum electrodynamics" that was not approved by the Director of the Institute of Physics of that time and that was listed by the Faculty council as "non pareggiato", which means not considered equivalent to ordinary courses. Also this course did not take place. See for more details and the related documents (Guerra, Robotti 2008).

[4] The complete list of presenters is (in the order of presentations): H.E. Stanley, H. Takayasu, S. Solomon, L.A.N. Amaral, K. Ilinski, J.P. Nadal, G. Weisbuch, Y.C. Zhang, R. Chatigny, N. Vandewalle, A. Prekopa, W. Ebeling, R. Cont, E. Alexander, S. Alexander, W. Breymann, L. Yanhui, R.N. Mantegna, J. Rotys, L. Kovacs, Z. Horvath, S. Galam, S. Jain, F. Mainardi, G. Zumbach, and G. Herczeg.

[5] The complete list of participants is still accessible online at the webpage: URL: <http://complex.elte.hu/~csabai/oldHomePage/ecophys/partFinal.txt> [data di accesso: 10/11/2016].

talks.[6] The list of participants to the Rome meeting has 32 names. These two meetings were followed by the "International Workshop on Econophysics and Statistical Finance" that was organized by Rosario Mantegna in Palermo on September 28-30, 1998. The Palermo meeting was the first Econophysics Meeting with a scientific committee. The scientific committee was composed by Erik Aurell, Jean-Philippe Bouchaud, Werner Ebeling, Imre Kondor, H. Eugene Stanley, Hideki Takayasu, Angelo Vulpiani, and Yi-Cheng Zhang. It should be noted that the name of the Workshop is citing both the term "Econophysics" and the term "Statistical Finance" that were previously used for the Budapest meeting and for the Rome meeting respectively. The reason for this choice was that the scientific committee was at that time still not unanimous about the use of the recently coined term "Econophysics" and some of the members expressed a strong preference for the term "Statistical Finance". The chosen name was a compromise between the two lines of thought. The opening lecture entitled "Can statistical physics contribute to the science of economics?" was again delivered by H. Eugene Stanley. The meeting had a program with 32 talks[7] and the participants were 53. The Palermo meeting was also the first Econophysics Meeting with published proceedings (Mantegna 1999).[8]

4. The "Observatory of Complex Systems"

In 1999 Giovanni Bonanno, Fabrizio Lillo and Rosario N. Mantegna established a research group at Palermo University. Giovanni Bonanno and Fabrizio Lillo had a fellowship from the Istituto Nazionale per la Fisica della Materia (INFM) and Rosario N. Mantegna was an associate professor of applied physics at Palermo University. They called their research group the "Observatory of Complex Systems". The research group was part of the Dipartimento di Energetica ed Applicazioni di Fisica, a University Department of Engineers and Physicists. The funding for the research projects were obtained through INFM and national and international research funding agencies. The INFM research projects were selected through a peer review procedure. A few months later in 2000, Salvatore Miccichè joined the research group thanks to another INFM fellowship. The choice of the name of the research group was motivated by the consideration that the availability of large amount of data would have soon changed the research style of many disciplines including finance and economics. In other words, it was foreseen that many research approaches would have moved from the customary approach of many disciplines limiting as much as possible the object of the empirical

[6] The complete list of presenters is (in the order of presentations): R.N. Mantegna, R. Cont, E. Aurell, M. Rosa-Clot, Y.C. Zhang, M. Marsili, R. Baviera, B. Tirozzi, M. Ausloos, T. Fink, S. Solomon, D. Stauffer, F. Mainardi, E. Scalas, O. Hammarlid, and N. Vandewalle.

[7] The complete list of presenters is (in the order of presentations): H.E. Stanley, H. Takayasu, N.F. Johnson, S. Galluccio, T. Lux, M. Estola, J.R. Sanchez-Galan, J. Kertész, L. Molgedey, M. Serva, Y.C. Zhang, L. Biferale, A. Hilgers, P. Bak, M. Marsili, M. Nirei, M. Takayasu, N. Vandewalle, B. Janecsko, S. Zemke, G. Cuniberti, I. Kondor, F. Fagundes Ferreira, F. Mainardi, A. Vulpiani, A. Basso, F. De Pasquale, T.M. Fink, K. Ilinski, E. Scalas, R.G. Nogues, and Z. Palagyi.

[8] The organizers of the Budapest meeting had also a plan to realize a volume of proceedings. Unfortunately, these Proceedings were not published.

investigation to an observational approach where many processes are observed simultaneously. The Observatory of Complex Systems collected a large database of high frequency financial data and performed research on correlation based networks and financial microstructure.

5. Conclusions

Sicily has therefore played a multiple role in the development of Econophysics. The origin of Ettore Majorana's paper on "The value of statistical laws in physics and in social science" is rooted in Sicily. In fact, the writing of this article was requested to Ettore by his uncle Giuseppe to be included in a volume celebrating his academic achievements at the time of his retirement, and Giuseppe Majorana was a professor of Economics at Catania University. The third Meeting on Econophysics took place at Palermo University in 1998. This was also the first Meeting on Econophysics with published Proceedings. Moreover, one of the first research groups fully devoted to econophysics research was established in Palermo in 1999.

Bibliography

Amaldi E. (1966). *La vita e l'opera di Ettore Majorana. 1906-1938*. Roma: Accademia Nazionale dei Lincei.

Bassani G.F. and The Council of the Italian Physical Society (ed.) (2006). *Ettore Majorana Scientific Papers*. Bologna: Società Italiana di Fisica, Berlin: Springer.

Guerra F., Robotti N. (2008). *Ettore Majorana, Aspects of his Scientific and Academic Activity*. Pisa: Edizioni della Normale.

Majorana E. (1942). "Il valore delle leggi statistiche nella fisica e nelle scienze sociali". *Scientia*, 71, pp. 58-66.

Majorana G. (1889a). *La statistica e l'economia di stato*. Roma: Loescher.

Majorana G. (1889b). *La statistica teorica ed applicata*. Firenze: Barbera.

Mantegna R.N. (1991). "Lévy walks and enhanced diffusion in Milan stock exchange". *Physica A* 179, pp. 232-242.

Mantegna R.N. (ed.) (1999). *Proceedings of the International Workshop on Econophysics and Statistical Finance*. (Palermo: 28-30 September 1998), Special Issue of *Physica A* 269, n. 1, pp. 1-187.

Mantegna R.N., Stanley H.E. (2000). *An introduction to econophysics. Correlations and complexity in finance*. Cambridge: Cambridge University Press.

Mantegna R.N. (2005). "Presentation of the English translation of Ettore Majorana's paper: The value of statistical laws in physics and social sciences". *Quantitative Finance*, 5 (2), pp. 133-140.

Roncoroni S. (2012). "Genesi dell'articolo postumo di Ettore Majorana 'Il valore delle leggi statistiche nella fisica e nelle scienze sociali'". *Nuova Storia Contemporanea*, n. 2, pp. 105-144.

The collection of historical scientific instruments of the Liceo "Bonaventura Secusio" in Caltagirone

Roberto Mantovani - Dipartimento di Scienze Pure e Applicate & Gabinetto di Fisica: Museo Urbinate della Scienza e della Tecnica, Università di Urbino "Carlo Bo" - roberto.mantovani@uniurb.it
Daniela Bartolotta - Liceo "Bonaventura Secusio", Caltagirone - daniela_bartolotta@yahoo.it

Abstract: The history of the collection of scientific instruments, today preserved in the Physics Museum of the Liceo "Bonaventura Secusio" in Caltagirone, will be here briefly reconstructed. The Liceo was founded in 1864, after the closure of the Liceo "Ferdinando" in 1862, which had been created in 1858 within the Reale Accademia degli Studi. While the latter arose from the ashes of a Jesuit college in the late eighteenth century. The historical collection preserves an important unit of scientific instruments, bought in Paris in the years 1844-1846 from the French instrument maker Louis-Joseph Deleuil. This unit was part of the Physics Laboratory of the Reale Accademia degli Studi. The instrumental collection of the Liceo dates back to 1864. Thereafter it was enriched by new scientific instruments from Italy and abroad. In particular, in the years 1885-1886, as many as one hundred and forty-two scientific instruments were purchased in Florence, at the "Società Tecnica di Ingegneria ed Industria", managed by Vimercati.

Keywords: Caltagirone, Louis-Joseph Deleuil, Reale Accademia degli Studi di Caltagirone, Scientific Instruments, Emanuele Taranto Rosso.

1. Introduction

On December 10th, 1864,[1] the Liceo "Comunitativo" was solemnly inaugurated in Caltagirone. In 1865[2] it was named after Bonaventura Secusio (1558-1618), a distinguished character from Caltagirone, former Patriarch of Constantinople, later Bishop of Patti, Messina and Catania. The School institution was vigorously promoted in 1862 thanks to the work of the City Council of Caltagirone and of some notable and influential people of that city (Alcione 1865). These solicited and obtained from the Government[3] to found a school entirely financed by municipal funds,[4] in which the

[1] The lessons, however, had already started in October 1864 (*L'h nell'abbiccì, Periodico Settimanale in Caltagirone del 29 Gennaio* 1865, 1865, p. 4, Biblioteca Comunale "E. Taranto" di Caltagirone).
[2] See *Delibera del Consiglio Comunale* (1865b).
[3] With a ministerial decree of June 18th, 1865, the Liceo was recognized on a par with Regi Licei (*Delibera del Consiglio Comunale* 1865a). Also *Registro de' Professori addetti al Liceo Secusio di Caltagirone.*

subjects had the same school curricula and regulations of the Royal High Schools. The new high school was born from the ashes of another high school, the Liceo "Ferdinando" (1858). This school was created within the Reale Accademia degli Studi of Caltagirone; the latter had been established in 1775, after the expulsion of the Jesuits from Sicily in 1767, and its first name was Regia Accademia "Ferdinando IV". This Accademia, which benefited from the City Council aids, despite economic hardships, maintained the power to confer academic degrees and qualifications until 1825. After that date, the implementation of a reform plan for the island's University, colleges and academies turned the ancient Reale Accademia degli Studi of Caltagirone into a high school that provided a preparatory diploma course to university studies in humanities and science. From the beginning the Accademia exerted a great influence on the cultural life in Caltagirone, remaining active until 1862, the year in which it was finally abolished[5] under the new school legislation and in particular for the implementation of Title III of the Casati Act (1859).

2. The instrumental collection of the School

The Liceo "Bonaventura Secusio" in Caltagirone is one of the oldest educational institutions in Sicily. It includes, within its premises, a historical library, equipped with precious volumes of the nineteenth century along with numerous exhibits of physical and natural sciences, which are the unique witnesses for a remarkable scientific tradition that has developed in the city of Caltagirone since the end of the eighteenth century.

Fig. 1. Oil painting of E. Taranto Rosso. Museo Civico al Carcere Borbonico, Caltagirone

[4] *Delibera del Consiglio Comunale* (1862b; 1863).
[5] *Delibera del Consiglio Comunale* (1862a; 1862b).

In particular, the school still preserves a few stuffed animals, rock and shell samples and a rich herbarium. These materials largely come from the ancient high school where, since 1843, the Natural History and Archaeology Laboratory had operated. It was founded by scientist Emanuele Taranto Rosso from Caltagirone. Undoubtedly, however, the scientific collection of undisputed prestige is the one related to the historical scientific instruments, now collected and stored in two large halls of the Physics Laboratory of the Liceo. It is a collection of classical physics instruments, most of which of the nineteenth century, consisting of a small but significant group of devices dating back to the first half of the century, and of items purchased, thanks to city funds, from the foundation of the Liceo (1864) to 1923. After that date the school could take advantage of annual ministerial funds which enriched the collection with additional pieces. Recently, the documentary research carried out in the school, as well as in the archives and libraries of the city of Caltagirone has allowed to reconstruct, in sufficient detail, both the history of the oldest instruments, their number and the purchases made when the high school was founded.

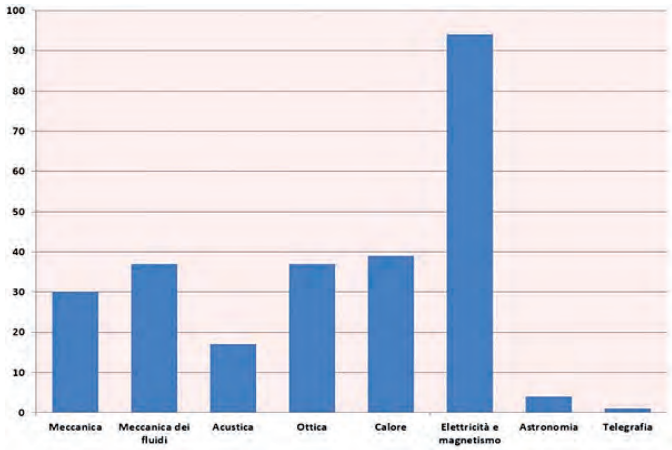


Fig. 2. "Fields" distribution of the scientific instruments of the historical collection at the Liceo "Bonaventura Secusio" in Caltagirone

The discovery of two historical handwritten inventories of the collection was fundamental because the first, dated November 1888,[6] contains a list compiled by a physics professor of the time, Prof. Antonio Di Bernardo: about 246 instruments with relative comments on their state of preservation, operation, purchase dates, costs and origins; the second,[7] begun in 1914, was implemented in the following years and is entitled Inventory of the scientific material which belongs to the Physics and Chemistry

[6] This inventory is in the Register of the *Atti Generali* of the Liceo "Bonaventura Secusio" in Caltagirone for the years 1886-1898.
[7] It is important to point out that the last three data of the inventory are available only for the items marked from N° 105 on.

Laboratory of the Regio Liceo. Here there are 567 pieces divided into two groups: the first 391 were found at the time of the census of 1914 and others purchased by the Municipality of Caltagirone which was obliged, by law, to supply the school laboratories in the city, until June 30th, 1923; the remaining 176 instruments include purchases made after July 1st, 1923, when the school was deprived of municipal subsidies and was then financed with annual funds from the Ministry of Education.[8] These inventories show the presence of a rich collection of instruments, at least until about the sixties in the twentieth century. The current situation is different because today only 259 pieces of the reported 567 in the last inventory have been found and inventoried. An analysis of the instruments, subdivided into traditional fields, confirms the presence of a composite collection having a high prevalence of electricity and magnetism equipment (Fig. 2). This trend was a typical characteristic of the time and is coherent with the interest and progress made in these fields in the second half of the nineteenth century. The collection also includes a number of pieces signed by Italian and foreign instrument makers. Among Italian brands there are Tecnomasio from Milan (it is the period related to such founders as Duroni, Longoni, Dell'Acqua), Officine Galileo from Florence, Ferdinando Rosati Company from Milan, A. Cattaneo from Genoa, Andrea Cesare Zambelli Company from Turin. There are also local instrument makers: Carmelite Martino Vassallo and makers like Mario Sortino[9] and F. Interlandi from Caltagirone. Among foreign makers some French leading manufacturers stand out: Deleuil, Ruhmkorff, Breguet, Breton, Galante, Molteni, Carpentier.

3. The origins of the Collection

The teaching of physical sciences in Caltagirone probably began in 1628 when, in the Jesuit College, a new philosophy course[10] was established. More detailed information on the subject dates back to the end of the eighteenth century[11] when the ancient Regia Accademia "Ferdinando IV" was reopened to studies. Among the first professorships there is that of Physics, inaugurated by a promising young teacher, Giovanni Silio Borremans (1756-1830) from Palermo. At the Accademia, Silio taught experimental Physics for over fifty years retiring only in 1826. In 1809 the Senate of Caltagirone introduced in the Accademia the chair of "demonstrator" of physics experiments that remained active until 1862. This new chair produced a Physics Laboratory which, however, as we know from found documents, became a stable structure, for the presence of a large number of scientific instruments, only in 1818. Apart from some

[8] The commitment to provide the School with scientific and teaching materials was undertaken by the Department of Education in accordance with Article 103 of the N° 1054 Act, May 6th, 1923 (Regio Decreto 6 maggio 1923, n. 1054).

[9] He was son of Camillo Sortino (b. 1837), a technician and instrument maker of the Liceo "Bonaventura Secusio" from 1864 to 1895.

[10] Unfortunately, we know little or nothing about that period, since our archival research proved vain.

[11] Our researches have received a better success for the late eighteenth and nineteenth centuries, a period towards which, thanks to some general studies about education and good intuition, we have more profitably conducted our study in the major libraries and archives of Caltagirone.

machinery bought in 1820,[12] the Laboratory had its greatest development in 1828, thanks to the work of Emanuele Taranto Rosso (1801-1887),[13] who, in the meantime, had obtained the chair of Experimental Physics in the Collegio left to him by his former master Giovanni Silio.

Fig. 3. Horizontal and vertical Chevalier's Microscope signed by Deleuil. Bought by Emanuele Taranto Rosso, it arrived in Caltagirone in 1844

On his arrival, Taranto found an obsolete Physics Laboratory, closed for several years for the restoration of the spaces in the building which housed the Accademia. His first action was to tidy up and open the Laboratory; secondly, he was anxious to provide at his own expense new tools for the Laboratory and cured the restoration and reuse of older machines, particularly those acquired from the instrument maker Drechsler in Palermo in 1820. In 1831 Taranto became director of the Reale Accademia and in 1843 he founded, at his own expense, a Laboratory of Natural History and Archaeology,[14] which had a wide echo among the scientific journals of the time. Since this new structure lacked a good compound microscope, Taranto bought one in Paris by one of the best instrument makers of that time, Deleuil (Fig. 3). In 1844, after the death of

[12] They were purchased in Palermo from Enrico Drechsler, technician and instrument maker of the University of Palermo, thanks to a municipal donation.

[13] Taranto Rosso was a physicist, naturalist, historian and humanist, an eclectic scientist among the most influential and representative of the city of Caltagirone in the nineteenth century. He distinguished himself in the promotion and development of many cultural initiatives in favour of his city, gaining also prominent civic and political offices in his old age.

[14] Taranto gave to the new Laboratory all of his scientific books and a large and rich array of natural objects, such as herbaria, sea shells, fossils, minerals, which were then collected and classified during the years of passionate scientific research.

doctor Niccolò Calì,[15] demonstrator of Physics, the professorship for physical experiments passed into the hands of Taranto. Once obtained that appointment he undertook with the local deputation and promised to enhance the Physics Laboratory, buying in Paris, at his own expense, some scientific instruments useful for his experimental lectures. In December 1860 he retired.[16] From January 1861 to August 1862, when the Accademia closed, the chair of Physics was hold by physician Vincenzo Ingo (1822-1904),[17] friend with Taranto. At the same time, in Caltagirone, the cycle of higher education was regulated under the new rules imposed by the Casati Act. This Act provided for the establishment of both Gymnasia, which were on charge of municipalities, and High Schools, supported by the public revenue. The two institutions had to guarantee continuity of studies for a total period of eight years. The Gymnasium lasted five years and had to prepare young people to enter high schools through an entrance examination. High schools lasted three years and focused on scientific and literary-philosophical[18] subjects. In Caltagirone, the Regio Ginnasio was first instituted (1861), later the High School was born (1864) as communal,[19] because it could not be Regio yet.

4. The oldest instrumental unit

The collection has an interesting group of scientific instruments purchased in Paris, between 1844 and 1846, by Emanuele Taranto Rosso from the renowned Parisian instrument maker Louis Joseph Deleuil (1795-1862). The first piece was bought for the educational needs of the new Laboratory of Natural History and Archaeology. It was an expensive compound microscope which had a horizontal and vertical configuration, a universal type, according to a model designed by Charles Chevalier, and arrived in Caltagirone the first days of June 1844; in 1846 there was a new purchase from Deleuil of twenty-five scientific instruments that arrived in Caltagirone, packed in four wooden boxes, after nearly a four month journey, in the middle of August 1846. The story of these new instruments is known thanks to the letters received by Emanuele Taranto Rosso

[15] Calì had the chair of physics-demonstrator by the Senate of Caltagirone in 1812 and remained in office for 32 years.

[16] The retirement coincided with the designation of Taranto by the national government as Ispettore degli Studi at the elementary schools for the district of Caltagirone. He maintained this office until 1864.

[17] Very little we know about this scholar. He showed great interest towards the new electro-magnetic discoveries in medicine. From 1855 to 1858 he lived in Paris at the expense of the Senate of Caltagirone. Here he knew the new methods for the treatment of nervous diseases through electro-magnetic or electro-chemical machines. Before coming back from Paris he urged the municipality of Caltagirone to purchase from the Parisian instrument maker Breton a medical electro-magnetic machine at the cost of 300 francs (unfortunately now missing). He also suggested to subscribe, via the Municipal Library, the most famous French magazines of medicine and other sciences, in order to keep the town always informed about the new scientific discoveries (*Sovvenzione proposta a favore di Vincenzo Ingo e Alfio Gerbino per far ritorno da Parigi* s.d.).

[18] In these cycle of studies, Mathematics, Physical Chemistry, Natural History, Classical Literature and Philosophy were taught.

[19] The Casati Act admitted the establishment of Reali Collegi only in capitals of provinces and cities with more than forty thousand inhabitants.

from Michele Chiarandà, Baron Friddani. He was a Sicilian exile, a friend of his, who had moved to Paris for a long time. He offered to help him as a mediator in the purchase of the instruments from the French maker. Actually, to satisfy the purchase requests and favours of a number of Sicilian friends, the Baron was helped by a friend who lived in Palermo, Francesco Lipari, to whom he sent from Paris what was requested. The discovery of Taranto's correspondence with Lipari offers detailed information on the Parisian purchases made by Taranto.

Fig. 4. Some Deleuil's scientific instruments purchased by E. Taranto Rosso in Paris in 1846. From left to right: Atwood machine, fountain in a vacuum, mercury shower, electric egg, double windmill, Magdeburg hemispheres and adhesion plates, double barreled air pump, Guinea and Feather tube

The two expeditions, above mentioned, took place in the same manner: the scientific tools left from Paris to Marseille, then from here to Palermo by ship. Lipari collected the bills for the expenses of the Baron and arranged to deliver the instruments[20] to Taranto. Fortunately, both the microscope and at least a dozen pieces acquired in 1846 have come to us still intact, and are now part of the historical collection of scientific instruments of the Liceo "Bonaventura Secusio" in Caltagirone. Among the instruments purchased in 1846 (Fig. 4), only two are signed by Deleuil: an Atwood machine and an air pump;[21] others, which have been identified with some certainty, are the following: Magdeburg hemispheres, Magdeburg adhesion glass plates, a mercury shower demonstration, a fountain in a vacuum, a double windmill for the study of air resistance, a fall tube (two

[20] The microscope bought in 1844 was picked up in Palermo from an emissary of Taranto, whereas the scientific instruments bought in 1846 first arrived in Palermo, then were transported to Terranova (present-day the city of Gela) by sea and from there to Caltagirone.

[21] It is a classical double barreled air pump, French-type and Babinet system, having solid vertical crystal cylinders. In 1885, on the initiative of Prof. Ingo, it was sent to Florence to be repaired.

meters long) showing the Guinea and Feather demonstration, an electric egg for the light in a vacuum and a clockwork bell for the study of the sound in a vacuum.

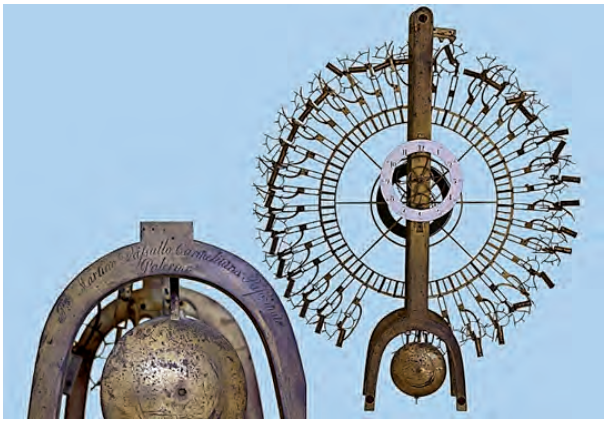


Fig. 5. Martino Vassallo's perpetual motion apparatus with clockwork system and detail of the engraved signature

Finally, among the oldest instruments still preserved in the school, there is a curious apparatus for perpetual motion with a system clockwork, signed by "P_{re} Martino Vassallo carmelitano riformato Palermo" (Fig. 5). Vassallo was born in Caltagirone and was a friend of Taranto's as can be evident from some letters between them. They date back to the years 1828-30, when Vassallo lived in Palermo. That apparatus was probably donated[22] to Taranto in those years.

5. The Collection after 1864

In 1863 the Municipal Council of Caltagirone decided that all the equipment present in the two scientific laboratories (Physics and Natural History) of the Liceo "Ferdinando", had to be used for the creation of a new Liceo "Comunitativo".[23] In virtue of this, the entire collection of scientific instruments, which was an ancient heritage of the Reale Accademia degli Studi and of the Liceo "Ferdinando", was inherited by the Physics Laboratory[24] of the new high school. This school opened in October 1864 with five new professorships: Italian literature, History and Geography; Latin and Greek literature;

[22] The piece is also inventoried, with number 49, in the historical catalogue of 1888. On the margin of the instrument-name there is the following note handwritten and signed by Prof. Antonio Di Bernardo: "Work of absolute imperfection of a monk from Caltagirone. Absurd. A. D. B.".

[23] Article 241 of the Casati Act obliged the new high school to have all the scientific equipment necessary for Physics, Chemistry and Natural History lectures.

[24] In this transition phase, the Municipality of Caltagirone asked Taranto to draw up a note of all the scientific material present in the two laboratories. This note, unfortunately, has not been found during our archival researches.

Philosophy; Mathematics; Physics, Chemistry and Natural History.[25] The last one, which also benefited of the use of the scientific laboratories, was held by Prof. Vincenzo Ingo[26] for 23 years, from October 1864 to July 1887. The teaching of "Physics, Chemistry and Natural History" began from the second year[27] and precisely with two hours of Natural History and three hours of Physics and Chemistry[28] per week.[29] As far as the Physics Laboratory was concerned, a careful reading of the historical inventory, dated November 1888,[30] lets us know that between 1864 and 1885 it was provided with 104 instruments,[31] mostly in good condition. Among the preserved instruments of this period, there is an important and rare Serrin's automatic regulator of the electric light which deserves particular attention. It represents one of the few examples that we know of self-regulating arc lamp designed by Victor Serrin,[32] a significant stage in the evolution of the electric light which has obtained great success since 1860. It has a brass casing, enclosing its mechanisms, with engraved the following signature: "V. Serrin B^{té} - S.G.D.G. à Paris PNE Brevets Etrangers".[33] Other interesting tools of the period 1864-1885, still lying in the Physics laboratory of the School, include a hydrostatic balance, signed "F. Interlandi Caltagirone 1869", a Mascart's quadrant electrometer[34] signed "J. Carpentier Paris", a telescope[35] signed "G & S Merz vorm Utzschneider & Fraunhofer in Munich" (Fig. 6) and some pieces from

[25] The unification of more subjects into a single teaching was necessary to reduce the management costs of the Lyceum, which were all on charge of the Municipality.

[26] After a regular competition approved by the Minister, the City Council of Caltagirone appointed Ingo Professor Regent with three-year term and an annual salary of £ 1600. However, upon every contract expiration, he was always re-elected until 1876, the year in which he became permanent professor (*Delibera del Consiglio Comunale* 1876, approved by the Consiglio Provinciale Scolastico on November 22nd, 1876) with an annual salary of £ 2000. He retired from teaching on July 31st, 1887, receiving a pension of £ 1270 (*Registro dello stato del personale del Liceo (1864-1895*).

[27] *Registro delle deliberazioni del Consiglio degli Insegnanti del Liceo Secusio pareggiato per l'anno scolastico 1867-1868*. The same register was used for the subsequent years.

[28] From the consulted documents we know that from 1864 to 1900 the reference text for all students engaged in the learning of Physics was *Compendio di Fisica sperimentale* by Giovanni Luvini (1862); from 1874, the *Trattato elementare di fisica sperimentale ed applicata e di meteorologia* by Adolphe Ganot was also added.

[29] In 1888, with the transition to the Regio Liceo, things changed: the chair of Natural History obtained two hours a week for the first two years and only one hour for the last year; instead, the chair of Physics provided three hours a week for the second year and four for the third one. Thus in the last year Physics had more hours than any other subjects (*Atti generali del Liceo "Secusio" Comunitativo di Caltagirone*, 1867-1868, vol. IV).

[30] The catalogue compiled, as already mentioned, by Prof. Antonio Di Bernardo, is very accurate especially in relation to the list of the purchases previously made by Prof. Ingo.

[31] These pieces included both those which belonged to the Physics Laboratory of the suppressed Liceo "Ferdinando", as well as those bought from 1864 to 1884. The inventory shows that about 50% of the pieces were related to electrology and that four of them were built in Caltagirone. The inventory also shows a fifth piece built in Caltagirone: a little Foucault pendulum with its frame.

[32] The French inventor and engineer V. Serrin (1829-1905) was among the first to develop in the electric arc a system of self-regulation of the distance between the two charcoals that had to remain unchanged over time despite their continuous and unequal consumption for combustion.

[33] Note that "B^{té} - S.G.D.G." is the shorthand of "Breveté Sans Garantie du Gouvernement".

[34] The instrument was presumably purchased in the years 1882-85.

[35] Almost certainly this telescope was used by E. Taranto and by V. Ingo to observe the prominences of the total solar eclipse which took place in Sicily on December 22nd, 1870 (Taranto Rosso, Ingo 1870). In the inventory started in 1914, at number 195, the telescope was described as follows: "Great model telescope with Merz lens of 9 centimeters, two terrestrial eyepieces, five astronomical eyepieces, two black glasses, in a special wooden crate".

the Atelier Ruhmkorff.[36] In the years 1885-1886, thanks to a substantial funding from the Municipality of Caltagirone, the Liceo was able to buy in Florence, at the Società Tecnica di Ingegneria ed Industria,[37] a great number of scientific instruments, one hundred and forty-two[38] in all, for a total cost of £ 5438.71.

Fig. 6. Merz telescope and detail of the engraved signature. Frontispiece of Taranto and Ingo's publication on the total solar eclipse of 1870

However, at least four[39] shipments had several problems.[40] A first group of seventy-seven tools arrived in Caltagirone on August 1st, 1885; on December 25th of the same year a second group of thirty-six pieces, some of which are still present in the Physics Laboratory of the Liceo "Bonaventura Secusio". Some of this batch of tools are remarkable and deserve to be mentioned: a centrifugal machine with its accessories (£ 140), a Coulomb's torsion balance (£ 90), a Gay-Lussac pump (£ 80), an intermittent fountain (£ 60), forty Bunsen[41] cells (£ 200) and a Geissler tube shaped in order to create the name "E. Taranto". There was also a large Winter-type electrostatic generator

[36] They are: a galvanometer, Nobili pattern, signed "Ruhmkorff à Paris"; a radiant heat thermopile, Nobili-Melloni pattern, signed "Ateliers Ruhmkorff J. Carpentier Ing^{r} Const^{r}. Paris"; an induction coil, certainly made by Ruhmkorff even if it is not signed. The latter has a circuit-breaker or "rheotome", designed by Auguste Arthur de la Rive, which consists of an oscillating piece of iron, the hammer-breaker, which operates with the force of gravity.

[37] The company, founded in Florence, around 1875, by engineer Guido Vimercati, supplied all high schools and several universities. It marketed collections of Natural Science, Mineralogy and educational science equipment assisting teachers of Chemistry, Physics, Astronomy and Meteorology. In 1869 Vimercati founded the *Rivista Scientifico-Industriale delle principali scoperte ed invenzioni fatte nella Scienza e nelle Industrie*, a popular journal on the scientific and industrial discoveries of the time. It had a great success and, by 1879, contributed through advertisements to promote Vimercati's company.

[38] Of this group of devices today only about 35% survived; currently this equipment is still preserved in fair condition in the Physics Laboratory of the School.

[39] The number is known from the reading of the historical inventory of 1888. Here two additional invoices, dated March 31st and July 30th, 1886, demonstrate the purchase of other laboratory tools.

[40] Some apparatuses arrived broken, others, though regularly ordered, did not arrive. In all these cases, the school requested the replacement or reshipment of the missing pieces to the Florentine firm.

[41] Actually only thirty-seven cells arrived, whereby a letter was sent to request the missing cells. Each of them had its own porous vase.

(£ 530), which arrived damaged[42] and which today has unfortunately disappeared. A third batch of thirteen pieces arrived in Caltagirone on March 28th, 1886; among these there was also a double anchor dynamo-electric machine, Siemens system (£ 280), still preserved in the Liceo; its advertising[43] image (Fig. 7) circulated in the scientific-industrial magazine of Vimercati in those years and was certainly noticed by Prof. Ingo[44] who bought it.

Fig. 7. Advertising insert about a dynamo-electric machine and the apparatus purchased in Florence in 1886

Finally, a couple of scientific instruments arrived on December 31st, 1886; between them there was a portable camera obscura, Chevalier tent type (£ 100), which is still preserved in the Physics Laboratory of the Liceo. In 1887, Prof. Ingo retired, and his chair passed to Prof. Antonio Di Bernardo. At the same time, with the transformation of the Liceo into Regio Liceo and with the improving of the municipal accounts, the Natural History chair was separated from that of "Physics and Chemistry" teaching so that this latter field of study became a single subject of study once again.[45] Prof. Di

[42] The machine, whose circular glass plate had a one meter long diameter, arrived with the brass globe of the primary conductor dented and the green glass rod foot broken. Both problems were promptly notified, by letter, to the Technical Society of Florence, which provided to send the spare parts.

[43] Since 1885 the image has been on the back cover of several issues of the magazine, accompanied by an explanatory note of the instrument. It was part of the advertising used by the company to promote its scientific equipment.

[44] Such apparatus is mentioned in the inventory of 1888, N° 220. Next to it there is the following note: "in conformity with the cover [image] of the magazine [*Rivista Scientifico-Industriale*], as amended in accordance with the Siemens system £ 280". For an example of such advertising see the back cover image of the *Rivista Scientifico-Industriale delle principali scoperte ed invenzioni fatte nella Scienza e nelle Industrie*, Volume XVIII, N° 1, January 15th, 1886.

[45] In addition to Physics and Chemistry, also Italian became a single teaching chair. As consequence chairs in the high school increased from five to seven. Approving the transformation of the Liceo, the City Council was obliged to give the government £ 17,500 per year and to pay the seven teachers, one of whom was hired with the role of headmaster in the School. The single chair of Physics and Chemistry was maintained until 1936. After this date the teaching of Physics was linked to Mathematics.

Bernardo held the new chair of Physics and Chemistry from September 1887 to August 1898. With the separation of Natural History from Physics also their laboratories also passed under the direction of two different teachers and the Municipality arranged to supply them with new scientific materials in order to meet teaching needs.

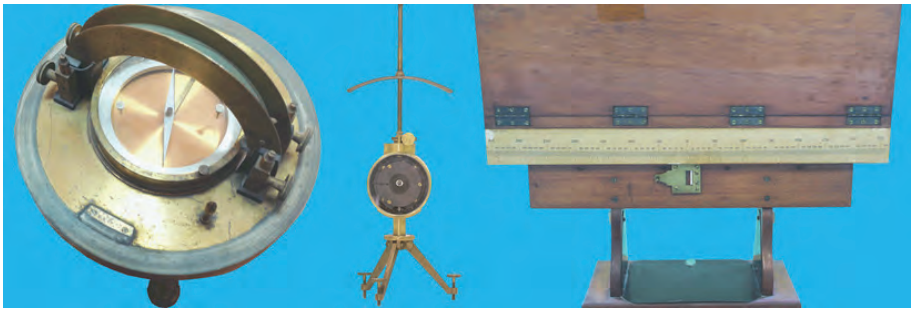


Fig. 8. From left to right: sine and tangent galvanometer Siemens model, Thomson's astatic mirror galvanometer with related optical scale

The consultation of the second found handwritten inventory, the one started in 1914 by Luigi Mendola, a professor of Physics and Chemistry, has given a number of information about purchases of instruments made in that period. The comparison between the latter inventory and the one of 1888 shows that from 1888 to 1912[46] about one hundred scientific instruments were bought by the Municipality for the Physics Laboratory. Among the tools acquired, which are still preserved in the collection of the School, at least a couple of galvanometers (Fig. 8) deserve to be mentioned. The first is a Thomson's astatic mirror galvanometer,[47] tripod and astatic type, signed "Elliott Bros. London N° 926", provided with a lamp (missing) and a calibrate scale[48] that registered the beam of light reflected from the galvanometer; the second is a sine and tangent galvanometer. It is a two needle Siemens model with two coils of wire of different resistance. From September 1900 to August 1902, the chair of Physics and Chemistry in the College passed from Prof. Di Bernardo to Prof. Lavoro Amaduzzi,[49] and from

[46] Later, from 1912 to 1914, forty-three other pieces were purchased by Mendola.

[47] This highly-sensitive apparatus was invented in 1857 by William Thomson (Lord Kelvin). Due to its extreme sensitivity this mirror galvanometer was used as receiver in telegraph systems for submarine cables in the second half of the nineteenth century. The piece preserved in Caltagirone is an astatic version of the original mirror galvanometer and is dated about 1890. It is equipped with a curved and adjustable magnetic bar used to neutralize the earth's magnetic field and with a light concave mirror placed at the center of a vertical coil. The mirror reflects a beam of light onto a scale that was usually provided with the instrument.

[48] It is a graduated horizontal scale mounted on a mahogany and brass support for the reading of small angular deflections. The scale is signed "Elliott Bros" and is provided with 700 divisions and a vertical central narrow slit for the lamp (missing).

[49] Amaduzzi (1875-1931) graduated in Bologna in 1898 with Augusto Righi and soon after he became his assistant. After teaching in Caltagirone he moved to the technical school in Bologna. In this period he substituted Righi and also taught university courses in Bologna and Ferrara. In 1923 he obtained the chair of experimental Physics at the University of Parma.

December 1904 to August 1923 to the above mentioned Prof. Luigi Mendola.[50] Finally, from 1923 to about 1960, 175 new instruments were bought with funds from the annual endowments of the Ministry of Education for a total cost of about £ 100,000.

6. Conclusions

Today, the entire collection of historical scientific instruments of the Liceo "Bonaventura Secusio" in Caltagirone is preserved in twenty large fir closets (recently restored) placed in two large rooms on the ground floor, about 30 square meters each. In recent years, with foresight, the Liceo has promoted the retrieval, restoration, cataloguing and study of this large and important instrumental heritage, which is a source of pride for local school and town community as a whole. It is a very important cultural opportunity, not only for the promotion of the scientific tradition of the Liceo but also in the context of a more general study aimed at the rediscovery of the physical, astronomical and natural sciences which have developed in Caltagirone since the end of the eighteenth century. On this basis, the creation of a Physics Laboratory Museum within the Liceo "Bonaventura Secusio" plays a key role both as a place of "memory" and cultural identity for the community, and also for a more effective and problematized scientific teaching.

Bibliography

Alcione G. (1865). *Per la solenne inaugurazione del liceo comunitativo in Caltagirone. Discorso letto nella sala municipale da Giambattista Alcione*. Caltagirone: Tipografia di Bartolomeo Mantelli.

Impresario S. (1996-1997). "Il Gabinetto di Storia naturale e di Archeologia di Caltagirone. Inventario delle fonti archivistiche", *Bollettino della Società Calatina di Storia Patria e Cultura*, 5-6, pp. 117-166.

Luvini G. (1862). *Compendio di fisica sperimentale*. Torino: Tipografia Eredi Arnaldi.

Taranto Rosso E. (1844). *Per la inaugurazione del gabinetto di storia naturale, e archeologia della reale Accademia degli studi di Caltagirone discorso del donatore cav. Emmanuello Taranto Rosso nel giorno 30 maggio dell'anno 1843*. Catania: Stamperia G. Musumeci Papale.

Taranto Rosso E., Ingo V. (1870). *Descrizione sulla eclisse totale del Sole del 22 dicembre 1870 osservato nella stazione meteorologica di Caltagirone*. Caltagirone: stamperia Andrea Giustiniani.

Villari L. (1980). *La comarca e l'Università degli Studi di Piazza Armerina (con cenni sulle comarche e sulle altre università di Sicilia)*. Grottaferrata (Roma): Scuola tipografica Italo-Orientale S. Nilo.

[50] Mendola was headmaster at the Liceo "Bonaventura Secusio", from 1923 to 1938. Before teaching in this school, he had also been assistant in the Physics department of the R. Università of Catania, from 1894 to 1901, and assistant in the R. Osservatorio Astronomico of the same city, from 1901 to 1904.

Manuscript Sources

Abbreviations

ASCC: Archivio Storico del Comune di Caltagirone

Atti generali del Liceo "Secusio" Comunitativo di Caltagirone Pareggiato con decreto ministeriale del 18 giugno 1865 (1886-1887, IV), Volume IV, anno scolastico 1886-1887, Biblioteca del Liceo "Bonaventura Secusio" di Caltagirone.

Sovvenzione proposta a favore di Vincenzo Ingo e Alfio Gerbino per far ritorno da Parigi (s.d.). Mss., Fascicolo N. 21, Uomini Illustri. Commemorazioni. Biblioteca Comunale "E. Taranto" di Caltagirone.

Registro de' Professori addetti al Liceo Secusio di Caltagirone. Biblioteca del Liceo "Bonaventura Secusio" di Caltagirone.

Registro dello stato del personale del Liceo (1864-1895). Biblioteca del Liceo "Bonaventura Secusio" di Caltagirone.

Registro delle deliberazioni del Consiglio degli Insegnanti del Liceo Secusio pareggiato per l'anno scolastico 1867-1868, Biblioteca del Liceo "Bonaventura Secusio" di Caltagirone.

Delibera del Consiglio Comunale (1862a), N° 6, April 15th, 1862, reg. 68. ASCC.

Delibera del Consiglio Comunale (1862b), N° 2, November 30th, 1862, reg. 68. ASCC.

Delibera del Consiglio Comunale (1863), N° 11, May 15th, 1863, reg. 69. ASCC.

Delibera del Consiglio Comunale (1865a), N° 2, April 27th, 1865, reg. 72. ASCC.

Delibera del Consiglio Comunale (1865b), N° 1, July 15th, 1865, reg. 72. ASCC.

Delibera del Consiglio Comunale (1876), October 20th, 1876. ASCC.

La collezione degli strumenti di fisica del barone Enrico Piraino nel Liceo “Mandralisca” di Cefalù

Maria Antonella Panzarella - Liceo Classico “Mandralisca”, Cefalù - antonella.panzarella@virgilio.it
Gabriele Marino - Università di Torino - gaber.en@libero.it

Abstract: This contribution proposes a concise profile of Enrico Piraino (Cefalù, 1809-1864), Baron of Mandralisca – a prominent figure among the Sicilian intelligentsia during the period of the Unity of Italy – in particular focusing on his interests as a collector and scientist. Endowed with a spirit of cataloguing which finds expression in widely different collections, studies and publications, Baron Mandralisca’s many-sided personality led him to maintain correspondence with some of the most important figures of the scientific world of his time and finds completion in his holograph will of 1853. In it, Baron Mandralisca establishes as his sole heir a Liceo – a school combining theory with practice, humanistic with scientific tradition; a school where Latin, Ancient Greek and penmanship are studied, together with nautical and scientific sciences; a school that makes use of his own library, and scientific and artistic laboratory. The Liceo was actually set up in 1890, even if its characteristics were different from those laid down by the Baron. The antique instruments kept in his physics laboratory (which are only approximately datable, thanks to the oldest inventory, drawn up in 1933; some of them might date back to the 19th century, others might have become part of the collection between the end of the nineteenth century and the beginning of the twentieth) are for the most part still usable, and are actually still effectively used during physics lessons, above all in experiments aiming at a qualitative description of some phenomena regarding solid and fluid mechanics, electromagnetism, optics, acoustics and thermology. Particularly remarkable are a portable microscope, a Ramsden machine, a Morse code transmitter and receiver, a dial telegraph, a Fortin barometer and a pneumatic machine. A selection of the instruments has been restored and was exhibited in 2001 and 2011.

Keywords: Cefalù, Enrico Piraino Baron of Mandralisca, Liceo “Mandralisca”, “Mandralisca” Museum, Patronage, Physics in the 19th century, Physics laboratory equipment in the 19th century, Sicily.

1. Enrico Piraino barone di Mandralisca

Con il presente intervento gli Autori intendono proporre 1) un profilo essenziale di Enrico Piraino, barone di Mandralisca, figura di rilievo nell’intellighenzia siciliana a cavallo

dell'Unità, con particolare riferimento ai suoi interessi collezionistici e scientifici e al suo lascito testamentario, e 2) una breve rassegna degli strumenti scientifici appartenutigli, i quali costituivano il suo gabinetto di fisica.[1]

La personalità poliedrica del Mandralisca, animata da uno spirito catalogatore che trova espressione in collezioni, ricerche e pubblicazioni assai diversi, lo indusse a intrecciare e mantenere i contatti con alcune delle figure di maggiore rilievo della cultura scientifica dell'epoca e trova compimento nel testamento olografo redatto nel 1853. Al testamento si devono, attraverso vicende a cui si accennerà tra breve, l'istituzione dell'attuale Liceo Classico (a lui intestato), nel quale sono conservati gli strumenti di fisica cui si farà riferimento e alcuni reperti di scienze naturali, e il Museo, che custodisce collezioni di vario tipo (una biblioteca, una pinacoteca, una sezione archeologica, una numismatica, una malacologica), comprendenti opere celebri come il cratere cosiddetto *Del venditore di tonno* (370 a.C.) e il cosiddetto *Ritratto d'Ignoto* (1465-1476 circa) di Antonello da Messina, e che da sempre è punto di riferimento della vita culturale di Cefalù, tanto che le sue collezioni si sono arricchite, nel tempo, dei lasciti di altri benemeriti cefaludesi (particolarmente, l'Avv. Vincenzo Cirincione).

Enrico Piraino nacque a Cefalù il 3 dicembre 1809 e vi morì il 15 ottobre 1864. Trascorse la sua vita tra la città natale e Lipari, viaggiando molto: per appagare la curiosità che alimentò la sua intensa attività culturale e per rendere fruttuosa l'altrettanto importante sua attività politica. Durante i moti rivoluzionari del 1848, fu Presidente del Comitato Provvisorio di Cefalù e, quindi, eletto Deputato al Parlamento Siciliano sotto Ruggero Settimo, votò la Decadenza del Borbone. Dopo l'avvento garibaldino, il 2 giugno 1860, fu nominato Presidente del Consiglio Civico e il 27 gennaio 1861 fu eletto Deputato del Parlamento Nazionale.

La vita del Mandralisca fu contrassegnata dall'interesse per le scienze, che affonda le proprie radici nel periodo formativo, durato sette anni, trascorso presso il Real Collegio "Carolino" di Palermo, ove egli ebbe modo di studiare, tra le altre cose, storia naturale, geografia, matematica e fisica. La passione per lo studio sui libri e per la ricerca sul campo era fortissima in lui fin dalla giovane età, cosicché, non ancora diciottenne, egli attese alle sue ricerche archeologiche (a Lipari, sua seconda patria, era rimasto molto colpito dal piccolo *Antiquarium* realizzato da Mons. Giuseppe Coppola) e ai suoi studi di storia naturale. Le idee del Barone sembrano essere già del tutto chiare nel 1834, quando, armato di un'opera francese intitolata *La gestione di un museo di storia naturale* e di altri testi e documenti sull'argomento, cominciò a delineare nella propria mente il progetto delle sue ricerche, delle sue collezioni, e della sua dimora-studio-museo. Sappiamo che già nel 1842 il Gabinetto di Storia Naturale del Barone era considerato un luogo degno di visita, ricercato e apprezzato anche dalle personalità straniere che venivano a trascorrere del tempo a Cefalù. Giovanna Power, nella sua *Guida per la Sicilia* del 1842, descrive la cittadina e conclude le sue note dicendo che

[1] Il contributo è stato concepito e discusso in cooperazione dai due Autori. La stesura del primo paragrafo è da attribuire a Gabriele Marino, la stesura del secondo paragrafo a Maria Antonella Panzarella. Onde non appesantire il testo con continui rinvii bibliografici, si specifica che le notizie di carattere storico, relative alla vita e alle opere di Enrico Piraino, sono desunte da Marino (2004), e che le notizie di carattere tecnico, relative agli strumenti del gabinetto di fisica di Piraino, sono desunte da Panzarella (2012).

«l'egregio Enrico Piraino Barone di Mandralisca possiede un ricco gabinetto di oggetti di storia naturale. Egli vi si applica con buon successo per sempre maggiormente progredire in questa scienza» (Marino 2004, p. 17, n. 98).

Gli interessi e le attività del Barone in ambito scientifico furono innumerevoli e multiformi (numismatica, malacologia, agronomia, zoologia, fisica, chimica, astronomia, fotografia) e, come già detto, lo indussero a entrare in contatto con personalità importanti e diverse: i botanici palermitani Vincenzo Tineo e Filippo Parlatore, i quali diedero il nome *Mandralisca* a due nuove specie di piante; il medico e botanico castelbuonese Francesco Minà Palumbo; il barone Carlo D'Estorff, con il quale il Mandralisca intrattenne rapporti legati soprattutto ai comuni interessi archeologici, e per il favore del quale egli ottenne il diploma della Accademia Hildesheim; il numismatico Antonino Restivo Navarro; il paleontologo Charles Th. Gaudin, il quale, come testimoniano i lavori di Laura Bonfiglio (1998), realizzò, sulla base dei materiali inviatigli dal Barone, un'opera sui fossili vegetali rinvenuti negli scavi effettuati a Lipari dal Mandralisca e custoditi nelle sue collezioni;[2] il giurista, botanico e politico palermitano Agostino Todaro; l'archeologo e numismatico Celestino Cavedoni; il sacerdote e storico dell'arte Gioacchino Di Marzo, curatore della Biblioteca Comunale di Palermo; l'erudito e critico d'arte Agostino Gallo.

L'impegno del Mandralisca nell'istruzione pubblica e nella crescita sociale fu notevole, con contributi di rilievo allo sviluppo economico e culturale di Cefalù, Palermo e Lipari. Nel periodo in cui fu membro della Commissione di Antichità e Belle Arti, ottenne dal Governo Borbonico il restauro dei mosaici della Cattedrale di Cefalù; promosse l'istituzione degli asili infantili della cittadina; si occupò del suo ospedale e del progetto del porto, che grazie a lui divenne approdo regolare dei vapori postali italiani. A Palermo, promosse l'ampliamento dell'Orto Botanico, la creazione delle scuole di anatomia e di anatomia chirurgica dell'Università, il mantenimento dell'Osservatorio Astronomico.[3] Nel Convento dei Cappuccini di Lipari, il Mandralisca istituì, interamente a proprie spese, un Osservatorio Astronomico sotto la direzione di Antonio Palmisano.

Per tutta la vita, con trasporto umano e con smania catalogatrice, il Barone raccolse libri, oggetti bizzarri, quadri di pregio, strumenti scientifici e quant'altro potesse accrescere la sua conoscenza del mondo della natura e del mondo degli uomini. E decise di mettere tutto questo prezioso materiale a completa disposizione della propria comunità, progettando la creazione di una scuola di concezione innovativa, che integrasse teoria e prassi, scienze naturali e scienze umane, che coniugasse, quindi, tradizione umanistica e ricerca scientifica. Una scuola in cui si studiassero latino, greco e calligrafia, accanto a nautica e scienze naturali; che utilizzasse come biblioteca, gabinetto scientifico e artistico quelli della sua propria abitazione. Il Liceo Ginnasio

[2] Nella biblioteca Mandralisca è presente il volume *L'origine delle specie* di Darwin, in un'edizione francese del 1862, regalato al Barone da Gaudin, il quale era in contatto con il celebre naturalista.

[3] Con una lettera da Palermo, il Prof. Gaetano Cacciatore, astronomo del Real Osservatorio della città, chiese al Mandralisca di adoperarsi presso il Governo in favore, appunto, di quello che egli definiva «uno dei più interessanti stabilimenti d'Europa, che alta fama levò sempre di sé e per egregie opere e per la valenza degli astronomi», ma che «oggi presentasi in tale stato di decadenza da ridursi di peso allo Stato e di nessuno utile alla scienza» (Marino 2004, p. 32, nn. 284, 285).

"Mandralisca" di Cefalù, fondato su precisa determinazione testamentaria del Barone (1853), che lo volle come unico erede universale, venne effettivamente istituito nel 1890, per quanto con caratteristiche diverse da quelle prescritte dal Barone. Nel 1933, con Regio Decreto, venne regificato; nel 1940, ne venne rinnovato lo statuto, e la Fondazione, da "scolastica", divenne "culturale". Si divisero, quindi, le strade della Fondazione, che oggi gestisce il Museo, e del Liceo.

2. Gli strumenti di fisica del Liceo "Mandralisca"

È in qualità di erede del Barone che, ancora oggi, il Liceo "Mandralisca" possiede e può disporre di una serie di preziosi reperti naturalistici, soprattutto zoologici, e mineralogici d'epoca; nonché di strumenti scientifici di grande pregio, raggruppati per tipologia e funzione. Una selezione di strumenti di fisica è stata oggetto di restauro, a cura del Maestro d'Arte Sandro Varzi, ed è stata messa in mostra nel 2001 e nel 2011, nei locali del Museo. Nella prima occasione la Prof.ssa Maria Antonella Panzarella, docente di matematica e fisica presso l'istituto, ha stilato le schede didattiche degli strumenti, utilizzate poi nei due allestimenti e alla base del catalogo realizzato in occasione della seconda mostra (Panzarella 2012). Nella realizzazione della prima mostra è stato di fondamentale importanza il contributo di Nico Marino, esperto di storia locale e della figura del Barone in particolare (Marino 2004).

Gli strumenti, pregevoli sotto il profilo storico-scientifico, notevoli per la qualità dell'apparato costruttivo e per l'apprezzabile valore estetico, figurano tra quelli inclusi nel più antico inventario che la scuola possiede, risalente al 1933. Quanto alla loro datazione, essa può essere stabilita solo in modo approssimativo, almeno per quanto attiene alla distinzione tra gli oggetti appartenuti al Fondatore, e quindi databili attorno alla metà del XIX secolo, e quelli entrati nella dotazione del Liceo tra la fine dell'Ottocento e i primi decenni del Novecento. Si tratta di dispositivi in buona parte ancora utilizzabili, e di fatto ancora utilizzati con efficacia nella didattica, soprattutto per esperienze volte alla descrizione qualitativa di alcuni fenomeni che si riferiscono alla meccanica dei corpi rigidi, alla meccanica dei fluidi, all'elettromagnetismo, all'ottica, all'acustica, alla termologia. Essi consentono di produrre fenomeni di immediata interpretazione, ma anche di realizzare esperienze di cui è sì semplice la descrizione fenomenologica, ma non altrettanto semplice o diretta la spiegazione.

Tra gli strumenti, quasi certamente appartenuti al Barone, sono degni di particolare menzione: il *Microscopio portatile*; il *Trasmettitore e ricevitore Morse*; il *Telegrafo a quadrante*; il *Barometro di Fortin*; la *Macchina pneumatica*; la *Macchina di Ramsden* (Fig. 1), una *Macchina elettrostatica a strofinio e induzione* di grandi dimensioni e bella fattura, che, si potrebbe dire, costituisce il pezzo forte della collezione ed è divenuta l'emblema delle attività scientifiche del Liceo.[4]

[4] Durante il XXXIII Convegno Nazionale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia, Acireale, Catania, Siracusa, 4-7 settembre 2013, è emerso, su suggerimento del Prof. Roberto Mantovani, dell'Università di Urbino (che gli Autori ringraziano), come quello della macchina di Ramsden custodito presso il Liceo "Mandralisca" sia un esemplare rarissimo: probabilmente, uno di due aventi le medesime

Fig. 1. *Macchina di Ramsden*, Liceo "Mandralisca", Cefalù (foto Sandro Varzi)

La *Camera oscura dei disegnatori* (Fig. 2), un altro strumento presente nella collezione, dimostra l'interesse del barone per la fotografia; interesse testimoniato, peraltro, dalla presenza, nella sua dimora, di due foto con panorama (oggi custodite nella presidenza della Fondazione "Mandralisca") e dall'acquisto di un'altra, non pervenutaci, raffigurante l'*Ultima Cena* leonardesca, risalente all'agosto del 1861, quando da Milano egli scriveva: «Abbiamo osservato la famosissima cena di Leonardo da Vinci che si sta perdendo […] che potrete osservare nella mia libreria» (Marino 2004, p. 38, nn. 350, 351). In un'altra lettera, scritta da Firenze, dove si trova in qualità di giurato in occasione dell'Esposizione del 1861, egli scrive che «si sono date molte medaglie, e l'onore della fotografia si è accordato a vari belli animali. Fra questi animali ho voluto farmi anch'io fotografare, e qui vi acchiudo il saggio» (Marino 2004, p. 31, n. 279). All'interno della Biblioteca del Barone, inoltre, è presente un raro volume, il *Plico del fotografo ovvero arte pratica e teorica di disegnare uomini e cose sopra vetro, carta, metallo, ecc. col mezzo dell'azione della luce*, scritto da Giuseppe Vincenzo Sella e pubblicato da Paravia (Torino) nel 1856. Nel volume in questione, riportato dalle migliori bibliografie come edito nel 1863, l'autore racconta l'avventura dell'arte fotografica a partire dalla teorizzazione che Giovan Battista della Porta fa della camera oscura e, proponendo varie formule dei composti chimici necessari alla produzione della prova negativa e della prova positiva, tratta

particolarissime caratteristiche di cui, ad oggi, si conosca l'esistenza. Pertanto, dunque, si tratta di uno strumento che andrebbe studiato e descritto in maniera approfondita da esperti del settore.

specificatamente della fotografia su albumina, collodio, carta e lamina. È molto probabile che sia appartenuto al Mandralisca anche un cannocchiale in possesso del Liceo, non esposto nelle mostre sopracitate.

Fig. 2. *Camera oscura dei disegnatori*, Liceo "Mandralisca", Cefalù (foto Sandro Varzi)

Il canonico Prof. Francesco Miceli, nel suo *Elogio funebre di Enrico Pirajno*, testimonia di una macchina che la «virtù visiva grandemente rafforza» (forse il sopracitato *Microscopio portatile*?) e di «un ben costrutto ordigno che i fenomeni dell'aria scandaglia» (il sopracitato cannocchiale?) (Marino 2004, p. 34, n. 313).

A proposito degli strumenti antichi del Gabinetto di Fisica, temendo che essi potessero finire, come effettivamente stava accadendo, in qualche «ammuffito ripostiglio o, peggio ancora, che se ne disponesse il disfacimento», ha ben detto, in un documento scolastico del 1990, il Prof. Giuseppe Terregino, per lungo tempo docente di matematica e fisica presso il Liceo:

> Anche le cose non sempre invecchiano: ce ne sono, infatti, alcune destinate a diventare vetuste, ossia a conservare decoro nell'aspetto pur nella senescenza delle strutture e al di là di ogni possibile uso pratico […]. Al significato scientifico e al pregio estetico, si assomma l'immensurabile valore morale di una tradizione che sarebbe insensato seppellire, cancellandone anche i segni concreti che nella loro umile nobiltà la testimoniano (Panzarella 2009, p. 9).

Bibliografia

Bonfiglio L. (1998). *I resti fossili di vegetali dell'isola di Lipari conservati nelle collezioni Mandralisca*, in Mastelloni M.A., Spigo U. (a cura di), *Agli albori della ricerca archeologica nelle Eolie. Scavi e scoperte a Lipari nel XIX secolo*. Palermo:

Regione siciliana, Assessorato regionale dei beni culturali e ambientali e della pubblica istruzione, pp. 32-34.

Marino N. (2004). *La vita e le opere di Enrico Piraino di Mandralisca*. Cefalù: Archeoclub d'Italia Sede di Cefalù.

Panzarella M.A. (2012). *L'eredità scientifica del Mandralisca. Mostra degli strumenti del Gabinetto di Fisica del Liceo. Cefalù, 20 dicembre 2011-19 gennaio 2012*. Cefalù: Fondazione Culturale Mandralisca - Liceo Classico Mandralisca.

Le collezioni storico-scientifiche dell'Istituto Tecnico Statale per Geometri "Filippo Parlatore" di Palermo

Maria Concetta Consentino - Istituto Tecnico Statale per Geometri "Filippo Parlatore", Palermo - maricici@libero.it

Abstract: L'Istituto Tecnico Statale "Filippo Parlatore" di Palermo, inaugurato il 9 dicembre 1862 e aperto il 10 dicembre dello stesso anno, oggi raccoglie pregevoli e numerose collezioni storico-scientifiche caratterizzanti i percorsi di studio di fine Ottocento, ospitate nelle seguenti sezioni museali: Museo di Storia naturale, Museo di scienze e tecnologie agrarie, Galleria degli strumenti topografici e dei modelli tecnologici di costruzioni, Collezioni storiche del laboratorio di Fisica. Partendo dalla storia dell'Istituto "Filippo Parlatore", si metteranno in luce gli aspetti legati all'importanza di costituire delle banche dati di facile accessibilità collegate in rete con altre realtà scolastiche, ricche di storia e di materiale didattico storico-scientifico. La ricchezza delle collezioni storico-scientifiche dell'Istituto "Filippo Parlatore" indica una particolare attenzione rivolta, già a fine Ottocento, alla formazione scientifica degli studenti che costituiva una parte fondamentale dei percorsi di studio e di formazione culturale.

Keywords: Istruzione tecnica, Collezioni storico-scientifiche, Tutela e valorizzazione delle collezioni storico-scientifiche, Musei storici.

1. Premessa

La presenza di pregevoli collezioni storico-scientifiche presenti nell'Istituto Tecnico Statale "Filippo Parlatore" di Palermo si collega alla storia dell'istruzione tecnica italiana, prevista con la legge Casati del 1859.

Infatti è con il Regio Decreto n. 940 del 30 ottobre 1862 del Ministero dell'Agricoltura, Industria e Commercio, che veniva sancita la fondazione, a Palermo, del Regio Istituto Tecnico inaugurato il 9 dicembre 1862 e aperto il giorno successivo, 10 dicembre 1862, nel quarto nobile del settecentesco Palazzo Comitini in via Maqueda a Palermo (*Regio Decreto per la fondazione di Istituti tecnici 1862*).

La nuova scuola era strutturata con quattro sezioni: Commerciale-amministrativa; Agronomia e agricoltura; Costruzione; Meccanica e marina mercantile ed era guidata da un preside, da undici professori, da due assistenti e da un Consiglio di perfezionamento, speciale corpo accademico che vigilava sull'andamento scientifico, letterario, disciplinare e didattico della scuola.

A partire dall'anno scolastico 1864-1865, in conformità con i nuovi programmi sull'insegnamento industriale e professionale approvati con Regio Decreto il 14 agosto

1864, le quattro sezioni si modificarono nei seguenti corsi (*Regio Decreto col quale sono approvati i programmi 1864*):

1. Scuola riunita di agronomia e agrimensura,
2. Scuola riunita di commercio e amministrazione,
3. Scuola riunita di meccanica e costruzioni,
4. Scuola di concia e rifinizione delle pelli.

Mentre l'insegnamento navale, convogliato nel reale Istituto di marina mercantile, già Collegio nautico "Gioeni-Trabia" cessava di far parte dei corsi del suddetto Istituto.

A supporto delle attività dell'Istituto fu posto, come sopra menzionato, il Consiglio di Perfezionamento di cui si riporta l'Art. 5 del Regio Decreto di Organizzazione e Regolamento del Consiglio di Perfezionamento, per evidenziare il profilo innovativo di tale scuola, strettamente aderente al contesto socio-economico e culturale:

> Il Consiglio terrà le sue adunanze presso l'Istituto Tecnico. Oltre tali adunanze, potrà stabilire conferenze e letture pubbliche sopra particolari argomenti che interessino le scienze indicate all'art.3, e più specialmente le loro applicazioni, ed ammettere nell'Istituto tecnico corsi liberi d'insegnamenti teorico-pratici in applicazione a speciali arti o manifatture, i quali corsi non potranno eccedere la durata dell'anno scolastico. Nei limiti dei fondi disponibili potrà promuovere esposizioni industriali e agricole, e istituire dei premi e delle medaglie d'incoraggiamento. Il Consiglio potrà tenere corrispondenza colle Autorità, Accademie, Camere di commercio, Società economiche ed altre istituzioni sia nazionali che estere, le quali intendono al progresso delle industrie e delle arti; esso fa regolare pubblicazione dei suoi lavori e dei suoi atti (*Regio Decreto pel riordinamento* 1864, art. 5).

Sempre in tale Decreto si fa menzione di illustri componenti del Consiglio di Perfezionamento, quali ad esempio, Pietro Blaserna, Stanislao Cannizzaro, Pietro Doderlein, Gaetano Giorgio Gemmellaro.

A metà dell'agosto del 1868 il Regio Istituto assunse la denominazione di "Istituto industriale e professionale governativo" e la sua sede fu trasferita dal Palazzo Comitini al Real Collegio Calasanzio, sempre rimanendo nel centro storico di Palermo.

Nell'anno scolastico 1872-1873, così come previsto dai nuovi programmi e regolamenti approvati con R.D. 21 settembre 1872, fu attivata la Sezione fisico-matematica, mentre nel 1874, dopo un iter abbastanza complesso, il Ministero aggiungeva, dall'anno scolastico successivo, la Sezione industriale.

Il nuovo ordinamento disposto per gli istituti tecnici il 5 novembre 1876 comprendeva pertanto le seguenti cinque sezioni: Fisico-matematica; Commerciale; Agrimensura; Industriale e Agronomia. Le prime tre sezioni furono immediatamente aperte nell'Istituto Tecnico palermitano.

Nel 1882, la Giunta di Vigilanza deliberava di intitolare l'istituto a Filippo Parlatore, insigne botanico palermitano di fama internazionale e onore della scienza

italiana e con il R.D. 27 agosto 1883 il Ministero acconsentì che l'istituto assumesse il nome di Filippo Parlatore.

L'attenzione e la cura mostrata da presidi come il prof. Giovanni Guidotti ci parlano della volontà di essere al passo con i tempi, infatti, il suddetto preside chiedeva al Presidente della Giunta di vigilanza di poter disporre di maggiori finanziamenti per l'acquisto di libri, periodici letterari, scientifici e tecnici a supporto delle attività di insegnamento. Ed ancora lo stesso si adoperò perché ci fosse maggiore partecipazione degli alunni alle attività scolastiche attraverso il coinvolgimento delle loro famiglie.

Stabilì, inoltre, a norma dell'art. 48 del Regolamento 18 ottobre 1865, che ogni anno scolastico si aprisse con la distribuzione di premi e un discorso inaugurale dei professori. Disciplinò gli esami di promozione e di licenza e chiese con insistenza l'incremento del materiale scientifico ed una sede idonea e decorosa per l'Istituto.

Nel 1887 gli uffici di Presidenza, di Segreteria, l'Archivio, i Gabinetti scientifici e alcuni corsi dell'Istituto "F. Parlatore" passarono dal Calasanzio nei locali di Montevergini, nuovo edificio costruito sull'area di risulta della demolizione del vecchio monastero, dove tuttora la scuola mantiene la sua sede centrale.

Varie ricerche e diverse fonti ci parlano di dati positivi nell'ammissione degli alunni diplomatisi presso l'Istituto "F. Parlatore" alla Regia Università di Palermo, soprattutto per quanto concerne la matematica.

Si ha anche notizia che, anche dal punto di vista delle attività pratiche, gli alunni dell'Istituto "F. Parlatore" si qualificassero per esemplari esperienze attraverso un diretto collegamento tra scuola e territorio. Furono proprio gli studenti della sezione meccanica e costruzioni a svolgere attività, che oggi definiamo di alternanza scuola-lavoro, presso la grande Fonderia Oretea di Palermo.

In tempi successivi dall'Istituto "F. Parlatore" si staccheranno le diverse sezioni che inizialmente lo caratterizzavano fino a quando, dall'anno scolastico 1964-1965, l'Istituto diventa esclusivamente Tecnico per Geometri, senza tuttavia perdere quegli aspetti peculiari che gli hanno, nel tempo, fatto acquisire fama e che hanno conferito particolare prestigio ai suoi diplomati. Il nostro motto è, al riguardo, «All'avanguardia per tradizione».

2. Il Museo di Storia naturale dell'Istituto "Filippo Parlatore"

In questa nota accennerò a quanto sappiamo oggi dell'attuale Museo di Storia naturale dell'I.T.G. "F. Parlatore" sulla base di ricerche e attraverso l'analisi di un documento prezioso che è il Libro dei Conti, fortunatamente sottratto all'incuria e gelosamente custodito nella biblioteca scientifica dello stesso Istituto. Attraverso un'attività di ricostruzione storica effettuata con alcuni alunni, ormai diplomatisi da diversi anni, si hanno notizie certe della sua esistenza sin dal 1869 e più esattamente dell'allora Gabinetto di Storia naturale e Mineralogia, il cui responsabile era il prof. Raffaele Gelarda e suo assistente, il prof. Giuseppe Riggio. Grazie all'annuale assegno stanziato dalla Provincia di Palermo, i suddetti docenti procedevano agli acquisti minuziosamente rendicontati nel sopra menzionato Libro dei Conti. Avevano, altresì, contatti con il tassidermista G. Modena

che fu incaricato di effettuare diversi lavori di imbalsamazione oltre che preparazioni anatomiche tutt'ora facenti parte delle collezioni museali dell'Istituto.

Si ha anche notizia di alcuni esemplari avuti in dono, provenienti dalla Villa Giulia di Palermo dove erano allora custoditi animali in cattività. Si tratta infatti perlopiù di uccelli esotici, ma vi sono anche i nomi di altri donatori e tra questi Rinaldo Damiani di Venezia, Genduso, Mauro e Antonio Turrisi, Giuseppe Riggio prima assistente poi professore di Storia naturale, G. Costa, il Duca di Floridia, il Principe Valdina, la famiglia Tasca, Teodosio De Stefani, Raffaele Gelarda che fu Direttore del Museo scolastico e infine l'Istituto di Zoologia dell'Università di Palermo.

Tra i nomi sopra elencati spiccano quelli di alcuni noti naturalisti del secolo scorso; tra questi Giuseppe Riggio, che dette un notevole impulso alle collezioni del Museo dell'Istituto "F. Parlatore" e Teodosio De Stefani che insieme al primo, sotto la direzione di Pietro Doderlein, contribuì alla nascita dell'allora "Museo Universitario di Zoologia e Anatomia Comparata". Fu poi il De Stefani, dopo la morte del Doderlein, l'unico ad occuparsi del Museo ed è proprio con questo Museo Universitario che il Museo di Storia naturale dell'Istituto "F. Parlatore" mostra grandi analogie per ciò che concerne la tipologia delle basi di appoggio degli esemplari oltre che degli stessi relativamente alle collezione ittiologica, ma anche degli apparati scheletrici ed anatomici così rari e tipici dei musei ottocenteschi.

Nel 1870 iniziarono i primi contatti con l'estero e dalla Francia arrivarono gli esemplari più belli di animali esotici, tra questi nel 1880 fu acquistata una pantera imbalsamata per lire 399. Le collezioni si arricchirono anche di bellissimi campioni di marmi, di minerali e rocce, di piante essiccate e della mandibola di un capodoglio pescato nello Stretto di Messina. Grazie all'instancabile attività di questi due personaggi, oggi il Museo di Storia naturale presenta collezioni zoologiche, paleontologiche, mineralogiche-petrografiche, cartografiche e botaniche di notevole interesse storico-scientifico sia per numero di reperti che per importanza scientifica degli stessi. Nel 1881 il prof. Riggio fu promosso responsabile del Gabinetto e nel 1910 vi subentrerà il Dott. Luciano Carapezza, ma a causa della riduzione della disponibilità economica si poté procedere con altri esigui acquisti fino al 1921. Inizia un periodo di alterne vicende che progressivamente determinarono l'abbandono e la chiusura del Museo di Storia naturale.

Si deve arrivare all'anno scolastico 1992-1993, quando iniziarono i lavori di recupero della struttura museale, attraverso, prima, una complessa opera di pulizia e poi un riordino ostensivo dei reperti che continua in parte ancora oggi, per poter affermare che il Museo di Storia naturale dell'Istituto "F. Parlatore" è ritornato a vivere. Periodicamente, infatti, grazie alla collaborazione di alcuni alunni e docenti particolarmente sensibili alla salvaguardia di tale inestimabile patrimonio museale, la struttura viene aperta al territorio e ai suoi cittadini.

Allo stato attuale, il Museo di Storia naturale, sito al piano terra dell'edificio scolastico, è costituito da tre saloni dove si trovano disposte 43 vetrine, una biblioteca, un erbario e un piccolo locale dove sono collocate le carte geologiche e geografiche risalenti a diverse epoche della storia scolastica siciliana. Una precisazione riguarda la biblioteca annessa al Museo, che custodisce libri e raccolte di bollettini di carattere storico-

scientifico e un apprezzabile erbario con esemplari risalenti al 1880 provenienti dalle Madonie e dai dintorni di Palermo, che documentano un'intensa attività di raccolta e di conservazione, nonché i collegamenti dell'Istituto con l'Università degli Studi di Palermo e con numerosi studiosi italiani e esteri.

3. Attività di ricerca: reinventariazione e catalogazione della collezione dei vertebrati del Museo di Storia naturale dell'Istituto "Filippo Parlatore"

I contenuti di questa sezione si ispirano liberamente ai contenuti del contributo di Adelaide Catalisano e Fabio Lo Valvo pubbblicato nell'Annuario redatto per il 150° dell'Istituto "F. Parlatore" (Catalisano, Lo Valvo 2013).

Negli anni passati la Soprintendenza per i beni culturali ed ambientali di Palermo, nell'ambito di un più ampio progetto di catalogazione, ha effettuato un controllo scientifico sulla corretta classificazione di tutte le collezioni di vertebrati. In particolare di tutti gli esemplari naturalizzati delle collezioni ittiologica, erpetologia, ornitologica, mammalogica, così come i preparati anatomici del Museo di Storia naturale dell'Istituto "F. Parlatore" sono stati riclassificati aggiornando anche la nomenclatura scientifica. Si è avuto cura nel redigere il nuovo catalogo inventariale di riportare tutte le informazioni originarie, operando un confronto tra gli inventari storici e gli esemplari effettivamente presenti nel Museo. E si è potuto constatare che un numero consistente di essi non è più presente. Al riguardo alcune note ritrovate presso la Biblioteca dello stesso Museo parlano di donazioni ad altre scuole di Palermo mentre per altri si può ritenere che l'incuria e il tempo li abbiano talmente deteriorati da non risultare più idonei per la didattica. Relativamente allo stato generale di conservazione delle collezioni, si può affermare che esso è discreto, tranne che per alcuni esemplari che necessitano di un intervento di restauro e di un urgente recupero funzionale. Di seguito sono riportate alcune specifiche peculiarità delle collezioni.

Fig. 1. Collezione vertebratologica. Museo di Storia naturale dell'Istituto "F. Parlatore"

Per quanto riguarda i Mammiferi, sono presenti nella collezione diverse specie africane ed australiane anche di particolare interesse, per quel che riguarda invece le specie siciliane è da segnalare la presenza di un cucciolo di lupo e di una foca monaca. La presenza di queste specie nella collezione ha una particolare importanza poiché entrambe vivevano in Sicilia con popolazioni oggi dichiarate scomparse: il lupo si è estinto nell'isola intorno agli anni Quaranta a causa di una caccia spietata da parte dell'uomo, mentre la foca monaca è ancora presente nel Mediterraneo nella costa sarda e forse nell'arcipelago delle isole Egadi. I due esemplari di foca monaca presenti nel Museo sembrano essere appartenuti proprio a queste popolazioni poiché quello esposto in vetrina proviene dalla Sardegna ed un altro, del quale rimane il cranio, proviene da Trapani. Nell'insieme la collezione di mammiferi conta 57 esemplari naturalizzati e un pipistrello conservato in alcool.

La collezione ornitologica è invece ben più numerosa, anche se oggi mancano dall'elenco originario ben 116 esemplari tra cui numerosi rapaci e diverse tra le specie più appariscenti. Sono anche presenti un buon numero di specie domestiche ed esotiche. Tra la specie dell'avifauna selvatica siciliana non mancano gli esemplari che rivestono oggi un particolare interesse. Tra questi il francolino molto diffuso in Sicilia forse fino all'inizio del secolo scorso, che a causa di una caccia sconsiderata operata nel periodo borbonico, è stata portata alla totale scomparsa. L'esemplare esposto proviene dalla Tunisia, dove probabilmente era giunto per scopi venatori.

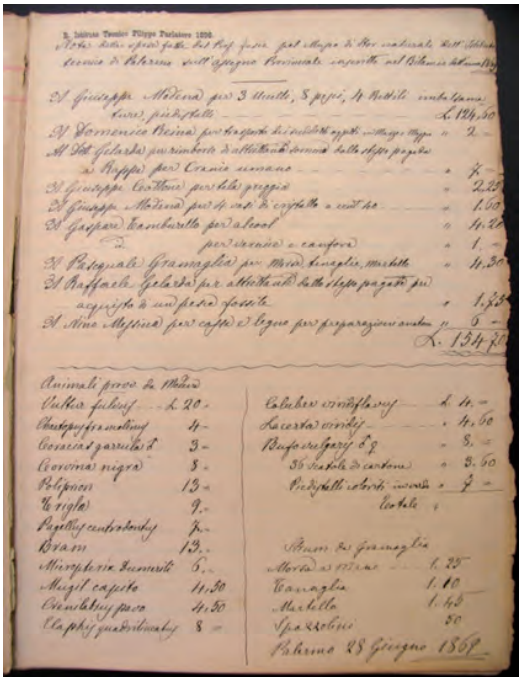


Fig. 2. Libro dei conti. Museo di Storia naturale dell'Istituto "F. Parlatore"

Altri esemplari che appartenevano a popolazioni siciliane oggi scomparse sono il grifone e il gufo reale. Occorre inoltre segnalare che due specie di particolare interesse quali il picchio verde e il picchio rosso minore, pur essendo riportati nel registro d'inventario, non sono più presenti nella raccolta ornitologica, anche se non è certo che questi esemplari appartenessero a popolazioni siciliane.

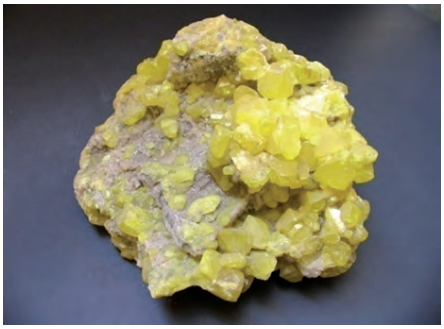


Fig. 3. Campione di zolfo. Museo di Storia naturale dell'Istituto "F. Parlatore"

4. Il Museo di Scienze e Tecnologie agrarie "Rosario Livatino"

Sempre nella sede centrale dell'Istituto "F. Parlatore" sono presenti altri gioielli come il Museo di Scienze e Tecnologie agrarie, recuperato grazie all'opera del prof. Amedeo Casabona che, mettendo in moto le migliori sue energie e quelle di alcuni valorosi alunni e del personale dell'Istituto, ha attivato una serie incessante di attività laboratoriali di recupero dei modelli storici in scala di macchine agricole pienamente funzionanti nei loro ingranaggi, in uso tra la fine dell'Ottocento ed i primi del Novecento.

Fig. 4. Museo di Scienze e Tecnologie agrarie dell'Istituto "F. Parlatore"

Nei due locali del Museo si trovano, inoltre, collezioni di semi, essenze legnose, erbari e testi d'epoca che sono, purtroppo, solo parte dell'originaria dotazione dell'Istituto. La particolare attività di recupero funzionale è stata inquadrata in un percorso di legalità e di recupero della memoria storica. Infatti, in una cerimonia apposita, lo stesso Museo è stato intitolato alla figura del giudice Rosario Livatino, affinché le nuove generazioni possano riappropriarsi della propria identità in un contesto scolastico che offre speranza e prospettive per il futuro. È stato redatto un apposito schedario cartaceo del materiale presente nel Museo di scienze e tecnologie agrarie "Rosario Livatino".

5. Galleria *I vicoli della memoria* - Palermo

Un'altra nota, sempre di carattere storico, riguarda la Galleria ricavata nell'ex area di porticato limitrofa ai locali del Museo di Storia naturale, dove è possibile visionare la collezione storica di strumenti topografici come tacheometri, teodoliti e la collezione di modelli tecnologici di notevole importanza per lo studio delle tecnologie costruttive del passato. Essa è costituita da centine, capriate, archi, scale, solai e tetti. In particolare, quest'ultima collezione relativa ai modelli per l'insegnamento della Tecnologia delle costruzioni è costituita da modelli che possono essere riuniti in gruppi e catalogati in base agli stili, alle epoche e alle tecnologie costruttive di riferimento. Ritroviamo alcuni modelli di particolari di ordini architettonici e di architetture neoclassiche e modelli tecnologici di notevole rilevanza storica, in quanto si riferiscono a tecnologie del passato e che potrebbero tornare utili in riferimento al recupero edilizio.

Fig. 5. Galleria degli strumenti topografici e dei modelli tecnologici di costruzioni dell'Istituto "F. Parlatore"

Un altro gruppo è costituito da costruzioni come ponticelli e fabbricati rurali e particolari costruttivi riguardanti le tecnologie più recenti anche in cemento armato e struttura intelaiata. Tutti i suddetti modelli avrebbero necessità, per essere visionati adeguatamente, di maggiori spazi e conveniamo con quanto riferisce nel 1916 l'allora reggente della scuola, che rilevava l'importanza di un'adeguata esposizione dei modelli, alcuni dei quali, essendo di grande mole, «dovrebbero essere esposti in basso […] e potersi esaminare girando attorno essi».

Durante la fase di recupero della Galleria sono state redatte apposite schede catalografiche che si possono consultare in De Luca *et al.* (2007).

6. Gli strumenti del Laboratorio di Fisica

Per quanto riguarda la collezione della strumentazione afferente al laboratorio di Fisica c'è da dire che, per alterne vicende, non è stata realizzato sinora un *database* scientifico, e pertanto si riporta a titolo esemplificativo una fotografia di un modellino di locomotiva perfettamente funzionante, presente nel laboratorio stesso.

Fig. 6. Modellino di locomotiva perfettamente funzionante.
Collezioni storiche del laboratorio di fisica dell'Istituto "F. Parlatore"

7. Attività didattiche e percorsi formativi

Numerose sono state, negli anni, le attività didattiche e i percorsi formativi realizzati presso le strutture museali dell'Istituto "F. Parlatore". Tali attività sono il frutto di idee e strategie operative maturate e condivise con alcuni colleghi e rese fruibili anche attraverso la pubblicazione di appositi opuscoli che vengono distribuiti ai visitatori nelle giornate di apertura della scuola al territorio. Per i riferimenti a queste pubblicazioni, si rimanda alla bibliografia finale.

8. Considerazioni conclusive

I contenuti di questa sezione si ispirano liberamente ai contenuti dei contributi di Assunta Lupo e di Barbara Truden pubblicati nell'*Annuario* redatto per il 150° dell'Istituto "F. Parlatore" (Lupo 2013, Truden 2013).

I musei dell'Istituto "F. Parlatore" si caratterizzano per essere strumenti funzionali alla didattica e al concetto di scuola stessa. Infatti, le collezioni e la ricca biblioteca specializzata costituiscono la base essenziale per un approfondimento delle discipline da studiare, ma anche un mezzo per coinvolgere attivamente gli studenti attraverso insegnanti particolarmente motivati a spendere il proprio tempo per la loro valorizzazione, ai fini non solo espositivi ma anche catalografici, richiedendo per quest'ultima funzione gli esperti più qualificati del settore e i competenti Uffici della Soprintendenza Beni culturali. In particolare l'Assessorato Regionale Beni culturali ha sostenuto il recupero delle vetrine, la prosecuzione dell'attività di catalogazione e la documentazione delle iniziative con piccoli contributi erogati a seguito delle circolari annuali sull'educazione permanente. In particolare, i finanziamenti hanno riguardato gli anni scolastici 2001-2002, 2005-2006, 2006-2007. A testimonianza rimangono i volumetti prodotti, che oltre a descrivere le collezioni museali si soffermano sui metodi di lavoro adottati, aderenti alle disposizioni assessoriali che invitano le scuole a collaborare fra loro e con gli enti ricadenti sul territorio secondo una logica trasversale di educazione permanente. È avvenuto così, in quegli anni, che gli insegnanti dell'Istituto "F. Parlatore" coinvolgessero altri alunni, oltre ai propri, di età e di provenienze diverse. Erano interessate infatti alcune classi della Direzione Didattica Turrisi Colonna, della Scuola media "Verga" e del CTP "A. Ugo" e molti studenti erano immigrati o figli di immigrati, come succede ormai in molti istituti del centro storico.

I risultati sono stati sicuramente positivi e hanno favorito, oltre che la conoscenza consapevole del patrimonio della scuola, anche i processi di educazione interculturale e di dialogo costruttivo fra ragazzi di nazionalità differenti. Ricordo fra i tanti episodi, in particolare, un ragazzino della Turrisi Colonna, forse originario del Bangladesh o delle Filippine che, con orgoglio e in perfetto italiano consegnò al maestro, durante una manifestazione finale per la presentazione di quanto realizzato, un cartellone recante la classificazione dei minerali del Museo.

L'esperienza realizzata nella prestigiosa scuola del centro storico di Palermo dimostra che la collaborazione fra i vari attori della formazione, in un contesto per molti versi disagiato, ma per altri ricchissimo di risorse, è un incentivo veramente importante per la promozione e valorizzazione fra i giovani del patrimonio culturale come risorsa fondamentale per uno sviluppo sostenibile e a misura d'uomo.

Attraverso l'apporto degli esperti di settore, come quello di Barbara Truden, è nata, qualche anno fa, la proposta di istituzione del Sistema Scolastico dei Musei della città di Palermo, finalizzata in particolare all'accessibilità e alla condivisione del patrimonio storico-artistico e scientifico conservato nelle scuole attraverso l'uso della rete in cui le notizie, schede e immagini si riferiscono ad un patrimonio che oggi risulta di difficile accesso o parzialmente consultabile.

I vantaggi che deriverebbero dall'istituzione del sito del Sistema Scolastico dei Musei sono diversi, fermi restando gli obiettivi principali: consentire una maggiore

valorizzazione di reperti e rendere accessibile una parte importante del nostro patrimonio storico, artistico e scientifico, attraverso una fruizione on-line, da parte di un pubblico più vasto.

Attraverso la creazione del sito della rete museale, si consentirebbe infatti una maggiore visibilità della stessa scuola e del Museo che ne fa parte, in quanto l'informazione potrebbe essere recuperata con doppio accesso on-line, dal sito istituzionale della scuola e dal sito del Sistema Scolastico dei Musei delle scuole attraverso appositi link.

Bibliografia

Annuario dell'Istituto Tecnico Commerciale e per Geometri Statale "Filippo Parlatore" di Palermo (1965-1966). Palermo: Arti grafiche Pezzino.

Annuario 2012-2013, Atti dei Seminari dell'Istituto Tecnico Statale per Geometri "Filippo Parlatore", 150 anni di Attività tra passato e futuro 1862-2012 (2013). Palermo: Seristampa.

Catalisano A., Lo Valvo F. (2013). *Reinventario e catalogazione della collezione vertebratologica*, in *Annuario 2012-2013, Atti dei Seminari I.T.G. "Filippo Parlatore", 150 anni di Attività tra passato e futuro 1862-2012*. Palermo: Seristampa, pp.112-113.

Consentino M.C., Leonardo M. (a cura di) (2002). *Scuola di oggi e scuola di ieri. La riscoperta e la valorizzazione delle radici storiche dell'I.T.S.G. "Filippo Parlatore": anno scolastico 2001-2002*. Palermo: Siculgraf.

Consentino M.C., Leonardo M. (a cura di) (2003). *Dalle collezioni museali dell'I.T.S.G "F. Parlatore" alle attività laboratoriali*. Palermo: Istituto Tecnico Statale per Geometri "Filippo Parlatore".

Consentino M.C., Riccioli G. (a cura di) (2004). *La scuola-museo ed il suo territorio: anno scolastico 2003-2004, I.T.S.G. "Filippo Parlatore"*. Palermo: Siculgraf.

Consentino M.C., Lapaglia A., Rafti M. (a cura di) (2006). *Geologia e paleontologia presso il Museo di Storia naturale dell'I.T.S.G. "F. Parlatore" di Palermo: anno scolastico 2005-2006*. Palermo: I.T.S.G. "F. Parlatore".

Costa S.A. (1990). *La scuola e la grande scala. Vita e costume nella scuola siciliana dal 1860 agli inizi del Novecento*. Palermo: Sellerio.

De Luca G., Lapaglia A., Santonocito, F. (a cura di) (2007). *Modellini tecnologici, strumenti e attrezzature del passato per rinnovare la didattica di oggi presso l'I.T.S.G. "F. Parlatore" di Palermo: anno scolastico 2006-2007*. Palermo: Siculgraf.

I vicoli della memoria. Area della conservazione (2001). Palermo: Istituto Tecnico Statale per Geometri "Filippo Parlatore".

I vicoli della memoria. Area della ricerca 1 (2001). Palermo: Istituto Tecnico Statale per Geometri "Filippo Parlatore".

I vicoli della memoria. Area della ricerca 2 (2001). Palermo: Istituto Tecnico Statale per Geometri "Filippo Parlatore".

Lupo A. (2013). *Le attività sul territorio. Il progetto Scuola Museo*, in *Annuario 2012-2013, Atti dei Seminari I.T.G. "Filippo Parlatore", 150 anni di Attività tra passato e futuro 1862-2012*. Palermo: Seristampa, pp. 99-100.

Regio Decreto per la fondazione di Istituti tecnici in varie Città italiane, n. 940 del 30 ottobre 1862 (1862) in *Raccolta Ufficiale delle Leggi e dei Decreti del Regno d'Italia*, anno 1862, dal n. 409 al 1100, volume quinto. Torino: dalla Stamperia Reale, pp. 2794-2795.

Regio Decreto col quale sono approvati i programmi degl'insegnamenti per gl'Istituti tecnici e le Scuole speciali dipendenti dal Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, n. 1354 del 14 agosto 1864 (1864) in *Raccolta Ufficiale delle Leggi e dei Decreti del Regno d'Italia*, anno 1864, dal n. 1062 al 1488, parte supplementare, volume quarto. Torino: dalla Stamperia Reale, pp. 786-787.

Regio Decreto pel riordinamento dell'Istituto tecnico di Palermo, n. 1420 del 2 novembre 1864 (1864), in *Raccolta Ufficiale delle Leggi e dei Decreti del Regno d'Italia*, anno 1864, dal n. 1062 al 1488, parte supplementare, volume quarto. Torino: dalla Stamperia Reale, pp. 890-894.

Truden B. (2013). *Attività didattiche al "F. Parlatore" e prospettive future per i musei della scuola*, in *Annuario 2012-2013, Atti dei Seminari I.T.G. "Filippo Parlatore", 150 anni di Attività tra passato e futuro 1862-2012*. Palermo: Seristampa, pp. 125-128.

Esperienze didattiche ed antichi strumenti del Museo Scientifico del Liceo Classico “G. Garibaldi” di Palermo

Giovanna Federico - Liceo “G. Garibaldi”, Palermo - giovannafederico@libero.it
Donata Rindone - Liceo “G. Garibaldi”, Palermo - donatella.rindone@alice.it

Abstract: The Museum of the Liceo Classico (high school) “G. Garibaldi” in Palermo has opened a program for the public to promote the dissemination of the scientific culture. This activity is in line with the objectives that are at the base of the museum constitution. The educational project, which began in 1996, aims to disseminate the technical-scientific culture, and it looks at combining it with recovery of the evidences that were used for teaching scientific disciplines from the beginning of the last century onwards.
The school – which was established as the third high school in the city of Palermo with Regio Decreto May 17, 1888 – has been always attentive to innovations. Historically, it has privileged cultural and educational guidelines in tune with the needs of the society, and it has been able to take advantage of outstanding teachers who have equipped scientific laboratories of valuable instrumentation.
These instruments, which have remained stored for a long time, have been recovered and then indexed by a group of teachers from the school. This group has been advised by Prof. Giorgia Foderà Serio, a former student of the school, which was formerly chief scientist of the Museum of the Astronomical Observatory of Palermo. The categorization activity has been carried out thanks to the availability of some valuable historical information on the scientific collection. In majority the group has used few ancient records of the minutes of the “meetings” that bore witness to the will of the College of Teachers of High School to equip Physics laboratories, further equipment for the experience and the record of the inventory of assets of the school dating back to the 20s have been used.
In September 2004 there was the inauguration of the Science Museum of Liceo Classico “G. Garibaldi” in Palermo. The museum consists of three rooms furnished with twelve showcases, a lectern and a blackboard of the early 20th century, four display windows newly constructed, three multimedia stations, a library with ancient books of scientific disciplines. The instruments are divided and displayed in different sections: Mechanics, Thermodynamics, Electromagnetism, Optics, Acoustics, Chemistry, Geology, Microscopy, Natural Science, Geography, Stereoscopic, Scientific movies, Donations.
The activities of the scientific laboratories are held every year in the Science Museum and form part of the training offer to the students of the school. These are activities of cataloging, research, construction of “routes” for advancing the quality of the offer of the museum, which aims at enhancing awareness of the students on the importance of the cultural activities of

recovery and improvement of existing assets in their school, further as an example of preservation of their "scientific cultural heritage".
The students are the protagonists of the museum fruition and this makes the teaching experience with the ancient instruments an activity that promotes the improvement of their sense of belonging to a community, it increases the recognition of their identity and history and it enhances knowledge of their local patrimony. Museum website http://museogaribaldi.it/it/.

Keywords: Ancient instruments, Palermo, Liceo Classico "G. Garibaldi".

1. Il contesto

Il Liceo "Garibaldi" di Palermo, nato nel 1880 come "terzo Ginnasio" poi istituito come Regio Liceo dal ministro Boselli nel 1888, ha potuto avvalersi di insigni docenti tra i quali Gaetano Salvemini ed Orso Mario Corbino come si legge negli Annuari del Liceo degli anni 1923-1924 e 1924-1925, entrambi editi da "RADIO", ritrovati presso la Biblioteca centrale Regionale "A. Bombace" di Palermo e che il Liceo ha in copia digitale, e negli antichi registri del Liceo.

Negli stessi Annuari troviamo notizie sul Consiglio di Presidenza, sui Professori e sui responsabili della Biblioteca e dei Gabinetti.

Alcuni docenti di Fisica del Liceo adottavano i loro testi come il prof V. Correnti e il prof. V. Strazzeri; di quest'ultimo è stata pubblicata la biografia dal centro di ricerca Matematica "Ennio De Giorgi". Egli dal 1936 fu ordinario di geometria analitica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Palermo e pare sia stato uno degli ultimi che ha visto Ettore Majorana prima della sua scomparsa durante la traversata Palermo-Napoli. Del prof. V. Correnti ritroviamo i testi nel catalogo online della Biblioteca centrale della Regione Siciliana.

Il prof. V. Correnti, come si legge nell'Annuario del 1923-1924, anche se non ne era ancora il responsabile, si occupò del Gabinetto di Fisica «[…] riordinandolo con criteri razionali ed accrescendone la strumentazione per ovviare alle deficienze […]» (Annuario 1925, p. 61); dei suoi acquisti nel Liceo rimane il Vaso di Dewar e l'Apparecchio di Kipp. Così come degli acquisti dichiarati nell'Annuario del 1924-1925 il Liceo ha i Tubi sonori e l'Essiccatore di Scheibler. Il rammarico è per la perdita dell'Apparecchio di Caruso per la rifrazione della luce, che invece è nella collezione del Dipartimento di Scienze Fisiche ed Astronomiche dell'Università di Palermo.

Nello stesso Annuario del 1923-1924 è significativo il riscontro dato, nella cronaca degli avvenimenti, all'adunanza straordinaria del 12 gennaio del 1924 relativa alla Circolare Ministeriale n. 105 sulle «projezioni luminose». Nel verbale di tale adunanza, oggetto di un pannello del Museo, si legge che il Preside comunica ai Docenti il contenuto della circolare sulle «proiezioni luminose fisse ed animate» e dopo avere parlato della loro grande utilità, specie per l'educazione scientifica, auspica che ben presto si cominci a fare largo uso di un mezzo didattico così attraente ed istruttivo (Annuario 1925, p. 9); inizia la didattica multimediale!

Nell'*Annuario* del 1925-1926, custodito al Museo in versione originale, il responsabile del Gabinetto di Fisica risulta adesso il prof. V. Correnti e degli strumenti acquistati rimangono la *Morsetta doppia* e l'*Apparecchio per la legge di Boyle*; nello stesso *Annuario* si legge che del Collegio dei Professori del 1925-1926 faceva parte il prof. Alberto La Barbera e vi è notizia della pubblicazione del suo lavoro "Sul principio di identità dei polinomi ridotti" sul periodico di Matematica della Zanichelli, ed anche di un suo interessantissimo scritto di natura didattica "Osservazioni critico-didattiche relative all'insegnamento della matematica nelle scuole medie" (Annuario 1925-1926).

Con il Prof. A. La Barbera si crea un ponte tra i vecchi *Annuari* ed i nuovi *Annali* poiché il docente prestava ancora servizio nel Liceo nel 1964, anno di pubblicazione del primo numero della nuova serie. Qui ritroviamo tre articoli di didattica e una foto del 1942 che testimonia le esperienze con la *Bilancia idrostatica* da lui tenute nel Liceo in occasione delle celebrazioni per il quarto centenario della nascita di Galilei (Annali 1965, p. 135). I suoi testi possono essere reperiti presso la Biblioteca "A. Bombace" di Palermo. Gli *Annali* vennero prescritti dall'art. 16 del Regio Decreto 965 del 1924 come si legge nella premessa del primo volume della nuova serie, nel quale si dice che l'edificio, l'attuale del Liceo, è stato il primo a Palermo costruito appositamente per l'istruzione media (Annali 1965, p 4).

Nel 1964, nell'attuale sede del Liceo, responsabile del Gabinetto di Fisica era il prof. Andrea Brigaglia che fu vicesegretario del Circolo Matematico di Palermo, come si legge nella biografia del Centro "De Giorgi". Dello stesso prof. A. Brigaglia compare negli *Annali* del 1964 l'articolo "Didattica della matematica in relazione alla facoltà di astrazione" (Annali 1965, p. 366).

2. Il lavoro preliminare per realizzare il Museo

Il primo incoraggiamento ad occuparci della strumentazione antica è venuto dalla professoressa Giorgia Foderà, che, dopo una visita al Liceo del quale era stata alunna, ha scritto una lettera (6 maggio 1996) al Preside del Liceo al fine di sensibilizzare e promuovere il recupero della strumentazione ritenuta preziosa:

> Nel corso di un secolo l'Istituto ha accumulato un notevole patrimonio di strumenti scientifici ad uso prevalentemente didattico. Tale patrimonio è oggi in pericolo di dispersione per la mancanza di una opportuna schedatura e conservazione. In armonia con quanto si sta facendo in numerosissimi istituti superiori italiani sembra imperativo promuovere, con un gruppo di docenti del Liceo che vogliono dare la disponibilità della loro esperienza e lavoro, la salvaguardia e la schedatura scientifica di tali strumenti in maniera tale da SALVARE UN PATRIMONIO STORICO IN PERICOLO DI DISSOLVIMENTO.

La stessa professoressa Foderà, già docente di Storia dell'Astronomia dell'Università di Palermo, assicurò anche la consulenza per il restauro. È nato così, con l'approvazione del Collegio dei docenti del Liceo, un gruppo di lavoro, costituito da docenti di

Matematica e Fisica e Scienze, che si è occupato del recupero della strumentazione dei Gabinetti scientifici.

È stato necessario effettuare un lungo lavoro preliminare di ripulitura, identificazione e studio degli strumenti in dotazione dei Gabinetti scientifici utilizzando anche l'antico registro di inventario dei beni del Liceo, l'unico ritrovato.

Per gli oggetti privi di numero d'inventario, l'identificazione è stata effettuata tramite la consultazione di antichi manuali tra cui il *Traité de Physique* di A. Ganot (Ganot 1859 e Ganot 1894) e la più recente collana di cataloghi promossa dall'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze relativa alle collezioni dell'Istituto Tecnico Toscano "G. Salvemini" di Firenze (Brenni 1986 e Brenni 1995); questo lavoro ha permesso la costruzione delle schede di catalogazione degli strumenti.

Il Liceo ha potuto fruire dell'opera del tecnico specializzato dell'Osservatorio Astronomico di Palermo, sig. Filippo Mirabello, che è intervenuto per restaurare l'*Apparecchio di proiezione ad arco voltaico*, ripulire il piccolo prisma, ricostruire un piede mancante del *Calorimetro di Lavoisier*, pulire e revisionare le componenti meccaniche ed ottiche, oltre che il mobile in legno, dello *Stereoscopio a colonna*.

Tutto il lavoro sulla strumentazione ritrovata e recuperata, per scelta quella fino agli anni Quaranta, ha permesso di costituire Il Museo Scientifico, inaugurato nel 2004, creato nei locali del Liceo ristrutturati dalla Provincia Regionale di Palermo, a seguito di un protocollo di intesa tra il Liceo ed il Centro Regionale per la Progettazione ed il Restauro. Gli oggetti attualmente custoditi nel Museo sono circa un migliaio, ma nelle fasi iniziali furono presi in considerazione solo 50 strumenti di fisica, triplicati subito dopo in seguito a successive ricognizioni nei depositi della scuola. A questi poi si aggiunsero i *Modelli di Fiori*, gli *Esemplari Zoologici*, i *Preparati Anatomici e Microscopici* e l'antica *Vetreria di Chimica*.

Gli strumenti sono stati collocati negli armadi seguendo un ordine di tipo settoriale; a fianco di ognuno di essi è stata posta una targhetta di identificazione recante il nome ed il periodo di acquisizione e la copia della scheda di catalogazione. Il criterio per l'esposizione della strumentazione di Fisica è il metodo analitico che si basa sulla classica divisione generalmente usata nella scuola secondaria superiore.

Ne è seguita la costruzione del sito del museo, http://museogaribaldi.it/it/, dove sono pubblicate tutte le schede, la maggior parte con le foto degli strumenti, tutti i lavori del Museo, le collaborazioni con altre istituzioni e tutte le attività didattiche effettuate. Il sito è presente in numerosi portali.

3. Scelte e considerazioni didattiche

L'idea di istituire i laboratori didattici è nata già prima dell'istituzione del Museo, nel 1999, dopo tre anni di lavoro di recupero della strumentazione del Liceo; gli alunni vi hanno partecipato con entusiasmo, esprimendo anche in vari articoli le loro emozioni: «attraverso questa esperienza abbiamo imparato tanto divenendo, strumento dopo strumento, protagonisti ed artefici della storia del Museo».

Ma come usare l'antica strumentazione senza metterne a rischio la conservazione?

Nelle prime fasi del recupero degli strumenti, ne abbiamo rimesso in funzione molti utilizzandoli per l'attività didattica fino agli anni Novanta. Tra questi: il modello di *Macchina a vapore* senza badare troppo alla sicurezza (bombola del gas sotto il tavolo in un minuscolo sgabuzzino); gli strumenti per la dimostrazione della dilatazione termica come l'*Anello di Gravesande* e l'*Apparecchio per la dilatazione lineare*; il *Piano inclinato*; l'*Apparecchio di Pascal*; l'*Apparecchio dimostrativo del moto degli astri e del sistema solare*, della sezione di Geografia, poi scelto come logo del Museo.

Lo stato di tali strumenti ci ha indotte ad evitare il loro uso durante le lezioni curriculari, mentre i docenti di Matematica, Fisica e Scienze hanno continuato ad usare nelle lezioni svolte al Museo alcuni strumenti in migliori condizioni come: l'*Apparecchio per l'irraggiamento*, il *Bollitore di Franklin*, il *Doppio cono* con guida e alcuni strumenti per le dimostrazioni di elettrostatica.

Negli anni ci si è documentate e confrontate sulle scelte consultando la letteratura specifica, per esempio le indicazioni del "Gruppo di lavoro Interministeriale per lo Sviluppo della Cultura Scientifica e Tecnologica", Decreto interministeriale 4 agosto 2006, coordinato dal prof Luigi Berlinguer, o le linee guida dell'Associazione Nazionale Musei Scientifici che suggeriscono le linee progettuali per la conservazione degli oggetti e degli strumenti e per l'educazione alla conoscenza della realtà.

In questo ambito abbiamo scelto di utilizzare un paradigma di riferimento didattico che può essere assimilato a quello della Teoria delle situazioni, che deriva dalla formazione in didattica della matematica del Gruppo di ricerca di Matematica dell'Università di Palermo allora diretto dal prof. Filippo Spagnolo.

Nei nostri laboratori si costruiscono percorsi dove gli strumenti sono utilizzati ponendo l'attenzione sul concetto di *Modello* che è trasversale rispetto ad una esperienza fisica (che sia strumentazione antica o moderna o on-line) ed è alla base di tutte le attività di laboratorio. Ne sono un esempio le *Macchine matematiche* di cui il Liceo conserva una collezione utilizzata per i laboratori del "Progetto Lauree Scientifiche" sotto la direzione del prof. Aldo Brigaglia. Ciò è in linea con il discorso fatto dal prof. Cav. E. Vitrano, Preside del Liceo dal 1920 al 1940, durante una seduta di coordinamento didattico del 1921, nella quale invita tutti i docenti a considerare la propria disciplina nell'ottica dell'unità del sapere. Il verbale di tale seduta, con un commento sulla sua attualità scritto dal prof. G. Corleo, è oggetto di un pannello espositivo del Museo.

E quindi, nell'ottica della pluridisciplinarietà, è stato sviluppato un progetto che ha avuto come conclusione un convegno organizzato dal Liceo nel 2008, "Esperienze matematiche: finestre sul mondo". Così come il lavoro, poi pubblicato nel sito di didattica museale del MIUR, che interviene su competenze trasversali che, a partire dallo *Stereoscopio*, indaga sui problemi della visione in varie sue forme ed interpretazioni.

Nelle attività laboratoriali si cerca di far comprendere: come lo strumento didattico derivi dallo sviluppo storico degli strumenti, che è aspetto fondamentale dello sviluppo complessivo della ricerca scientifica; come la strumentazione abbia costituito un nuovo tipo di sapere per gli indagatori di fenomeni (dai Greci in poi) fino al Cinquecento quando, grazie all'invenzione della stampa, assunse carattere divulgativo, con i testi di Luca Pacioli; come siano stati importanti gli artigiani, i disegnatori, i tecnici, i meccanici

che costituirono nuove figure professionali, le più recenti delle quali sono i tecnici informatici. Alla storia della strumentazione sono dedicati due poster del Museo.

Per tutto ciò, oltre alle postazioni multimediali, viene messa a disposizione degli alunni la Biblioteca del Museo, con numerosi manuali utili per dimostrare come questi vengano aggiornati in funzione del progredire della strumentazione. Ne sono un esempio le prefazioni alle diverse edizioni del manuale della prof. Giuseppina Aliverti, docente di Fisica della Regia Università di Torino negli anni Venti, dove si sottolinea anche la carenza di testi di supporto per le esercitazioni universitarie.

4. L'esperienza didattica

Il progetto didattico si prefigge lo scopo di diffondere la cultura scientifica, coniugandola con il recupero delle testimonianze della didattica del Novecento. I ragazzi che partecipano ai laboratori mostrano sempre grande entusiasmo documentato sia dal numero di richieste di iscrizione agli stessi, che dai monitoraggi effettuati sui laboratori e dall'utilizzo dei lavori nei percorsi di esame di stato.

In generale la metodologia utilizzata nei laboratori consiste nella presentazione agli alunni di uno strumento come oggetto da identificare, nell'invito all'osservazione di tutte le sue parti per una successiva descrizione dettagliata e nelle indicazioni per le misurazioni e le descrizioni dei materiali fino alla scoperta di incisioni, scritte, targhe che possano svelare i nomi dei costruttori. I docenti si impegnano a fornire i testi per lo studio guidato e le informazioni sui criteri di massima per la conservazione, tutela e valorizzazione del bene.

Tutte le attività laboratoriali che ogni anno si svolgono nel Museo Scientifico, e che fanno parte dell'ampliamento dell'offerta formativa, sono di formazione, di documentazione, di preservazione della memoria e di orientamento; la loro finalità è quella di indirizzare le alunne e gli alunni verso la consapevolezza della piena dignità culturale dell'attività di recupero e valorizzazione del patrimonio esistente nella propria scuola, come esempio della necessità di conservare i "beni culturali scientifici". Sono stati approvati a tal scopo diversi progetti.

Per il progetto "Le proiezioni luminose" insieme ai ragazzi sono stati visionati e studiati alcuni filmati di argomento scientifico per poi effettuarne la schedatura, modificando ed adattando la scheda di catalogazione usata per la strumentazione.

Per il laboratorio "Percorsi museali al femminile", sono state coniugate le Pari Opportunità di Genere e la Storia della Scienza dal punto di vista delle Donne di Scienze. Questo lavoro ha avuto riconoscimento nazionale da parte del MIUR, che ne ha pubblicato uno stralcio ed abbiamo partecipato alla manifestazione "Galassia Gutenberg" svoltasi a Napoli nel 2005.

Tutti i laboratori sono stati arricchiti da conferenze, seminari e lezioni magistrali, tenute dai proff. Giorgia Foderà, Ileana Chinnici, Arturo Russo, alle quali hanno potuto assistere oltre agli alunni dei laboratori vari docenti ed in alcuni casi anche genitori interessati.

Queste esperienze sono state socializzate al convegno di formazione presso il Museo geologico "G.G. Gemmellaro" di Palermo "La transdisciplinarità di genere come risorsa per la formazione della persona", nell'aprile del 2008, ed al convegno dell'Associazione Nazionale Insegnanti Storia dell'Arte (ANISA) "Didattica museale in Sicilia. Esperienze e proposte di studio" nel marzo 2009.

Per il progetto "Memoria visiva e diffusione della cultura scientifica", realizzato nel 2011 grazie alla legge 6/2000 del MIUR, con la collaborazione di docenti universitari sono stati studiati i numerosi oggetti custoditi al Museo nella sezione *Stereoscopia*. Il progetto si è svolto in diverse fasi: schedatura delle vedute stereoscopiche con riadattamento della scheda di catalogazione; seminari sulla storia della carta e del restauro, sulla biologia dei beni culturali e sulla storia della fotografia; attività di laboratorio di restauro di beni librari e fotografici, concludendo l'esperienza con le giornate di fruizione gestite dagli alunni.

Altre giornate di apertura tematiche sono state quelle in occasione delle annuali Settimane della Cultura Scientifica o delle altre iniziative del Liceo in cui il Museo diventa protagonista.

Una delle ultime esperienze, realizzata nel 2012 con la prof. Renata Donatelli, docente di Matematica e Fisica del Liceo e membro del gruppo di lavoro del Museo, ha voluto portare l'attenzione sulla ricerca storica relativa ai beni del Museo in ordine ai costruttori, al legame tra modello didattico e teoria fisica e al periodo di acquisizione degli strumenti. Il materiale prodotto durante il progetto, sviluppato sempre sotto forma di laboratorio, è stato presentato dagli stessi alunni alla comunità del Liceo.

Da protagonisti della fruizione museale, che diventa il momento più coinvolgente per tutte le esperienze, gli alunni (che di volta in volta hanno costruito i loro percorsi museali) presentano l'esperienza coniugando saperi di fisica, di scienze, di storia. Nel settembre del 2013 il Museo è stato inserito nell'iniziativa "7 scuole x 7 musei" dell'ANISA e del Comune di Palermo.

Il programma annuale di apertura al pubblico è costituito, quindi, oltre che dalle visite guidate su prenotazione e da eventi periodici, da manifestazioni legate alla vita della città. Le visite sono gratuite e tramite le firme apposte sul registro dei visitatori sono state contate circa 700 presenze annue tra interne ed esterne che vengono rendicontate all'Assessorato Provinciale del Turismo.

Lo spazio Museo è dunque flessibile, durante le visite guidate gli ospiti possono, oltre che beneficiare della funzione ostensiva, essere informati su alcune notizie storiche del Liceo e del Museo, su singoli strumenti e costruttori e possono assistere a semplici dimostrazioni d'uso, solo con alcuni strumenti la cui manipolazione non presenta grandi rischi.

È chiaro che non siamo né conservatori né allestitori museali ma docenti entusiaste che cerchiamo di espletare un servizio educativo che integra la didattica curriculare con una offerta formativa condizionata alle risorse da reperire di volta in volta.

Vorremmo portare avanti un numero maggiore di iniziative legate alla quantità e varietà di oggetti del Museo che suscitano numerosi spunti, ma dobbiamo interfacciarci con la carenza di risorse non solo economiche ma anche di volontariato interno che erano più numerose fino a qualche anno fa.

Fig. 1. La “Sala grande” del Museo Scientifico del Liceo Classico “G. Garibaldi” di Palermo

Fig. 2. Frontespizi degli Annuari del R. Liceo Ginnasio “G. Garibaldi” di Palermo

Fig. 3. Elenco di strumenti di ottica del Museo Scientifico del Liceo Classico "G. Garibaldi"

Fig. 4. Iniziativa didattica promossa dal Museo Scientifico del Liceo Classico "G. Garibaldi"

Fig. 5. Iniziativa con filmati ed esperienze didattiche per la diffusione della cultura scientifica

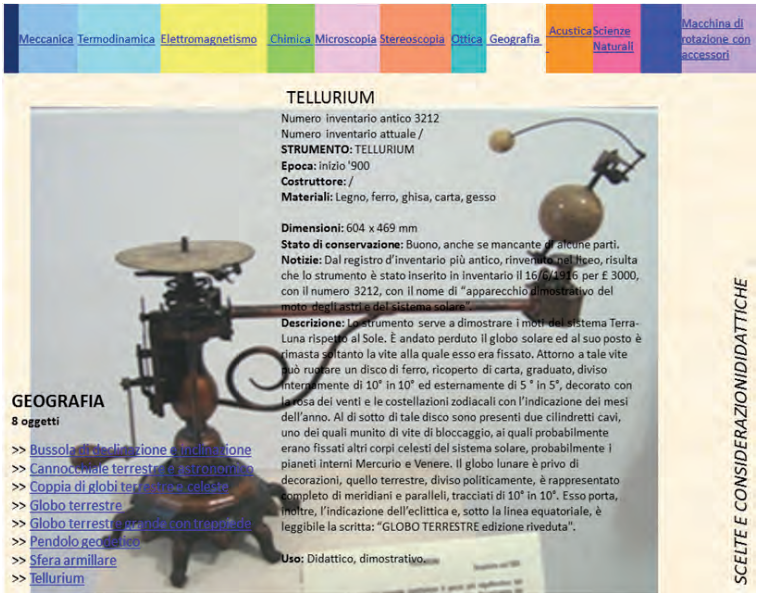


Fig. 6. Il Tellurium appartenente al gruppo di strumenti di geografia custoditi nel Museo Scientifico del Liceo Classico "G. Garibaldi"

Bibliografia

Annali (1965). *Annali del Liceo classico G. Garibaldi di Palermo*, vol. 1. Palermo: Stabilimento d'Arti Grafiche Cappugi e figli.

Annali (2000). *Annali del Liceo classico G. Garibaldi di Palermo*, voll. 35-37. Palermo: Arti Grafiche Flaccovio.

Annuario (1925). *Annuario del R. Liceo Ginnasio Giuseppe Garibaldi di Palermo. Anno scolastico 1923-1924*. Palermo: RADIO.

Annuario (1927). *Annuario del R. Liceo Ginnasio Giuseppe Garibaldi di Palermo. Anno scolastico 1925-1926*, fasc. 4. Palermo: RADIO.

Brenni P. (1986). *Gli strumenti di fisica dell'Istituto Tecnico Toscano*. 1: *Acustica*. Firenze: Tipografia Giuntina.

Brenni P. (1995). *Gli strumenti di fisica dell'Istituto Tecnico Toscano. Ottica*. Firenze: Giunti.

Enciclopedia di chimica scientifica e industriale […] *diretta da Francesco Selmi*. Torino, Napoli: Unione Tipografico-Editrice Torinese, 1868-1878, 11. voll.

Foderà Serio G., Chinnici I. (1997). *L'Osservatorio astronomico di Palermo. La storia e gli strumenti*. Palermo: Flaccovio.

Ganot A. (1860). *Traité élémentaire de physique expérimentale et appliquée et de météorologie, suivi d'un recueil nombreux de problèmes*. Paris: chez l'auteur-éditeur.

Ganot A. (1894). *Traité élémentaire de physique*. Paris: Hachette.

Storia della scienza moderna e contemporanea […] *diretta da Paolo Rossi. 1: Dalla rivoluzione scientifica all'età dei lumi*. Torino: UTET, 1988.

Storia delle scienze […] *direzione scientifica di Paolo Galluzzi. 1: Gli strumenti*. Milano: Banca popolare di Milano, 1990.

Fonti manoscritte

Registri di licenza liceale dal 1889 al 1896.

Registri Ginnasio e Liceo Garibaldi di Palermo dall'anno scolastico 1880-1881 all'anno scolastico 1920-1921.

Registro cronologico delle operazioni inventariali del Liceo classico G. Garibaldi di Palermo.

Registro dei verbali di adunanze del Liceo Garibaldi di Palermo dal 22-VII-21 al 14-IV-29.

Sitografia

[Biblioteca Regione Sicilia] URL: <http://www.regione.sicilia.it/beniculturali/bibliotecacentrale/menu.html> [data di accesso: 22/03/2016].

[Biografia Aliverti] URL: <http://scienzaa2voci.unibo.it/biografie/124-aliverti-giuseppina> [data di accesso: 22/03/2016].
[Circolo Matematico Palermo] URL: <http://math.unipa.it/~circmat/> [data di accesso: 22/03/2016].
[Gruppo Ricerca Matematica Palermo] URL: <http://math.unipa.it/~grim/> [data di accesso: 22/03/2016].
[Matematica italiana] URL: <http://mathematica.sns.it/> [data di accesso: 22/03/2016].
[MIUR Didattica museale] URL: <http://archivio.pubblica.istruzione.it/didattica_musealenew/ambito_scienza1.shtm> [data di accesso: 22/03/2016].
[Museo Liceo Classico G. Garibaldi Palermo] URL: < http://museogaribaldi.it/it> [data di accesso: 22/03/2016].
[Osservatorio Vaiana Palermo] URL: <http://www.astropa.unipa.it/> [data di accesso: 22/03/2016].
[SISFA] URL: <http://www.sisfa.org/pubblicazioni/atti-del-xx-convegno-sisfa-napoli-2000/> [data di accesso: 22/03/2016].
[Testo Prof. Brenni] URL: <http://www.giunti.it/libri/scienza/gli-strumenti-di-fisica-dell-istituto-tecnico-toscano-ottica/> [data di accesso: 22/03/2016].

Gli strumenti scientifici antichi dell'Istituto Tecnico Commerciale "Francesco Crispi" di Palermo

Irene Mongiovì - Istituto Tecnico Commerciale "Francesco Crispi", Palermo - i.mongiovi@libero.it

Abstract: L'Istituto Tecnico Commerciale "Francesco Crispi"* di Palermo possiede più di 400 tra antichi strumenti scientifici di fisica e chimica, e pregevoli collezioni di scienze naturali e merceologia. Vengono qui descritti la storia del recupero, dell'identificazione e del restauro del materiale storico dell'Istituto e dell'organizzazione di mostre interattive presentate da studenti.

Keywords: ITC "Francesco Crispi" - Palermo, ITG "Filippo Parlatore" - Palermo, LS "Stanislao Cannizzaro" - Palermo, Musei storici, Collezioni storico-scientifiche, Mostre scientifiche.

1. Le attività

L'ITC "Francesco Crispi" di Palermo, fondato nel 1923 con regio decreto, ha avuto fin dalle origini una spiccata inclinazione per le scienze. Il primo nucleo di strumenti scientifici della scuola fu ceduto all'atto della sua istituzione, come comprovano documenti dell'epoca, da una delle più antiche scuole di Palermo, l'ITG "Filippo Parlatore".

Gli originari locali della scuola erano siti in Via Pietro Novelli, di fronte alla Cattedrale, nel cuore politico-amministrativo della città e ospitavano una efficiente officina meccanica che produceva anche macchine sperimentali e semi-artigianali per i laboratori di fisica, chimica e scienze. In seguito alle vicissitudini connesse ai cambiamenti di sede della scuola, molti materiali sono andati perduti, altri hanno subito danni. Nel 1978 la sede è stata trasferita in via Campolo, oggi largo Mario Mineo, dove tutt'ora si trova. Nella nuova sede alcuni docenti di scienze hanno rimesso in funzione un primo laboratorio, utilizzando una piccola parte del patrimonio scientifico. La maggior parte degli strumenti rimaneva negli scantinati e nel 2006, durante la ristrutturazione dei locali scolastici, venivano portati disordinatamente in Aula Magna.

Nel frattempo, nel 2005 il MIUR, con lo scopo di migliorare l'insegnamento delle scienze, ha fondato il piano nazionale ISS, *Insegnare Scienze Sperimentali*, che si propone anche di valorizzare le dotazioni museali delle scuole. La scuola ha partecipato alle attività del Piano ISS. In questo contesto le docenti di scienze sperimentali si sono impegnate in una appassionata attività di recupero, sistemazione e valorizzazione del materiale storico. Gli strumenti di fisica, patrimonio ampio e interessante, ma posto alla

* Dal 1 settembre 2013 l'Istituto Tecnico Commerciale "Francesco Crispi" è confluito nel nuovo Istituto d'Istruzione Superiore "Damiani Almeyda - Crispi".

rinfusa in scatoloni, è stato portato in uno sgabuzzino in attesa di inventario e di migliore destinazione. Gli antichi modelli anatomici di gesso e di cartapesta, le riproduzioni di organi, la collezione di animali impagliati, i modelli di botanica e tutto il materiale di scienze naturali sono stati portati nel nuovo Laboratorio di Scienze della Natura (Fig. 1).

Nel 2007 il Liceo Scientifico "Cannizzaro" di Palermo, sede del Presidio ISS, ha organizzato un corso di restauro funzionale di strumenti scientifici antichi al quale hanno partecipato docenti di diverse scuole e studenti degli istituti "Cannizzaro" e "Crispi". Gli oggetti recuperati sono stati presentati in una mostra al "Cannizzaro". Il lavoro di restauro è continuato al "Crispi". Un primo nucleo costituito da una ventina di oggetti recuperati è stato poi portato, negli anni 2008, 2009 e 2010, alla mostra *EsperienzaInsegna* organizzata dall'associazione "PalermoScienza" presso l'Università di Palermo.

Fig. 1. Laboratorio di Scienze della Natura

Le docenti di scienze, incoraggiate anche dall'entusiasmo degli studenti che hanno partecipato al recupero e restauro, hanno chiesto l'autorizzazione a esaminare gli scatoloni di fisica che erano stati posti in uno sgabuzzino: è stata questa una scoperta continua. Per fare conoscere il materiale trovato è stata organizzata una prima mostra in Aula Magna (Fig. 2).

Le docenti hanno lavorato giorno e notte per riconoscere, ricostruire e rendere funzionanti moltissimi strumenti. Le ricerche sono state effettuate, con la collaborazione di docenti universitari, consultando libri e tavole antiche e, mediante internet, visitando i siti di musei italiani e stranieri. Anche i numerosi inventari della scuola sono stati esaminati, ma con scarsi risultati. Le docenti hanno catalogato gran parte del materiale e preparato centinaia di schede dei singoli oggetti, contenenti descrizione, funzione, modalità d'uso e notizie storiche. Diversi strumenti sono ancora da identificare e recuperare.

Nella fase di recupero del materiale sono stati rilevati, dove possibile, i nomi dei costruttori. I principali produttori dei modelli di gesso di scienze naturali, delle cassette di merceologia e degli strumenti di fisica sono Paravia Torino e Didattica Amatori. Vi

sono anche, per le scienze naturali: un modello botanico di ovulo ortotropo del Prof. T. Ferraris, modelli di anatomia umana di Somso italiana; per la chimica: vetreria lavorata a mano di Murano Ignis, strumenti di porcellana di Haldenwanger - Berlino, bacchette di vetro con filo di platino di Phywe - Germany e prodotti chimici con etichette stile liberty di Carlo Erba - Milano; per la merceologia: un mobiletto della Società del linoleum - Milano, una cassetta di AQUILA Raffineria oli minerali - Trieste, campionari di tessuti di lana, inverno 1922-1923 e di tessuti impermeabilizzati, della ditta J. Destriez Père & Fils & Cie; molti strumenti di fisica sono delle Officine Galileo - Firenze (Manganina) e della società italiana Apparecchi scientifici - Milano (molti hanno anche il numero di costruzione) e vi sono inoltre un rocchetto di Ruhmkorff di Radiguet e Massiot - Paris, un modello di motore a quattro tempi costruito da HOHM, emisferi di Magdeburgo di Antonio Tarquini - Roma, un galvanometro e un generatore di corrente alternata di W.M. Welch Scientific Company - Chicago, un proiettore Ica A.O. - Dresden con bobine di film della ESSO.

Fig. 2. Mostra in Aula Magna

Questo patrimonio meritava di essere custodito in una sede adeguata. A questo scopo, traendo spunto dall'accordo operativo, sottoscritto dal MIUR e dall'Agenzia del Demanio, sulla destinazione dei beni confiscati alla criminalità organizzata finalizzato a promuovere progetti nel campo dell'educazione e della cultura, il "Crispi" nel 2010 proponeva al MIUR il progetto *La cultura scientifica contro le mafie*. Lo scopo del progetto era istituire, insieme a una rete di scuole, una Mostra Permanente - Museo Interattivo, aperto agli studenti e a tutta la cittadinanza. Questo museo intendeva consentire la fruizione degli strumenti storici scolastici, di cui si rischia di perdere la memoria e la funzionalità, realizzare un ambiente di sperimentazione di percorsi e di attività didattiche per gli studenti e per i docenti delle scuole di ogni ordine, favorire l'organizzazione di attività (mostre di *exhibit* interattivi ed eventi) per la divulgazione della cultura scientifica e tecnologica. Il progetto venne approvato ma non si trovò un locale adeguato.

Nel giugno del 2011 il “Crispi”, con la collaborazione della Provincia Regionale di Palermo, organizzava in un locale sequestrato alla mafia in una via del centro della città la mostra temporanea *Scientificamente* (Fig. 3). Le discipline scientifiche rappresentate erano: matematica, fisica (meccanica, meccanica dei fluidi, termologia, macchine termiche, fisica atomica, elettrostatica, elettromagnetismo, acustica, ottica), chimica, merceologia, geologia, biologia, botanica, zoologia, anatomia. Accanto agli oggetti, illustrati dagli studenti, erano a disposizione dei visitatori, visionabili sui computer, le schede descrittive preparate dalle docenti.

In diverse occasioni successive (Settimana della Cultura Scientifica, La scuola adotta la città) sono state organizzate a scuola mostre interattive, delle quali gli studenti erano gli animatori. Gli studenti, con l’aiuto dei docenti, presentavano ai visitatori un percorso all’interno del corpo umano, utilizzando i modelli esposti, proponevano osservazioni di vetrini al microscopio e mostravano gli strumenti antichi di fisica e chimica di cui spiegavano il funzionamento, effettuando dimostrazioni e mostrando filmati.

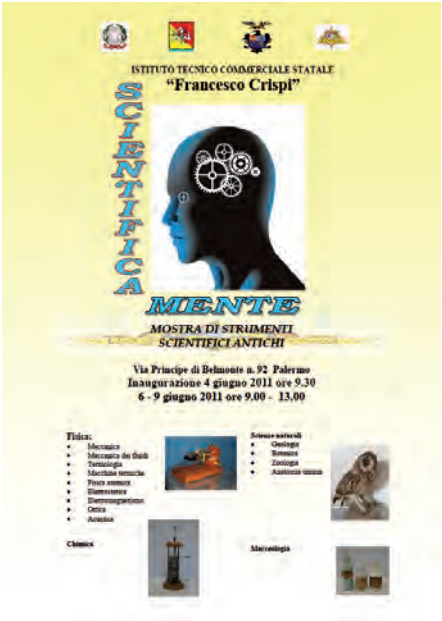


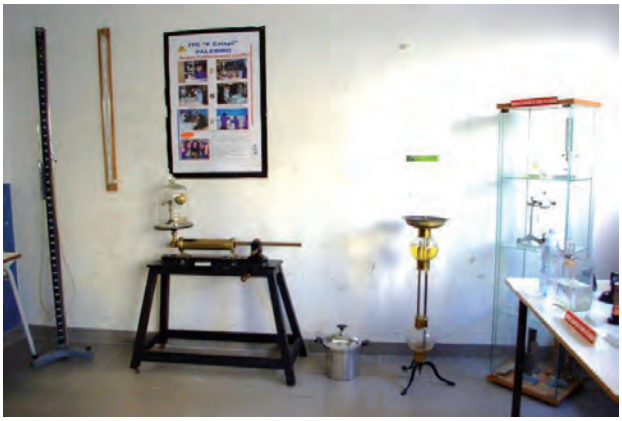
Fig. 3. Locandina della mostra *Scientificamente*

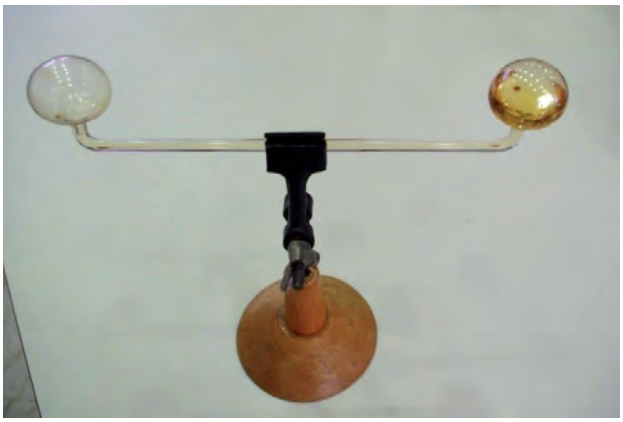
Per mettere in risalto come nella scuola si faccia anche scienza tecnico-sperimentale, e non con intento meramente conservativo o celebrativo, l’AIC, Associazione Insegnanti Chimici, vuole attuare un progetto che consiste nell’allestire mostre a tema. Alle mostre potrebbero partecipare diverse scuole con il proprio materiale e i propri studenti. Il primo tema proposto è la chimica.

2. Le collezioni dell'ITC "Francesco Crispi"

Figg. 4-5-6. Collezioni di Anatomia umana, Geologia, Botanica

Figg. 7-8-9. Chimica: antichi strumenti di vetro lavorato a mano; Fisica: Elettrostatica ed Elettromagnetismo





Figg. 10-11-12. Fisica: Meccanica dei fluidi; Termologia: Bollitore di Franklin; Ottica: Stereoscopio a specchi

Figg. 13-14. Fisica atomica: banco microonde; tubi di Crookes e tubi di Geissler

Bibliografia

Ganot A. (1861). *Trattato elementare di fisica sperimentale ed applicate e di meteorologia*. Milano: Francesco Pagnoni Editore.

Regnani F. (1863). *Elementi di fisica universale*. Roma: nella Stamperia delle incisioni zilografiche, vol. 2, parte 2° e parte 3°.

Sitografia

[Museo di Fisica di Sardegna].
URL: <http://www.museodifisica.it> [data di accesso: 04/07/2016].

[Museo "Galileo", Firenze].
URL: <http://www.museogalileo.it/> [data di accesso: 04/07/2016].

[Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia "Leonardo da Vinci"].
URL: <http://www.museoscienza.org/> [data di accesso: 03/07/2016].

[Museo Scientifico del Liceo Classico Statale "Giuseppe Garibaldi" Palermo].
URL: <http://www.museogaribaldi.it> [data di accesso: 07/07/2016].

Salvatore Notarrigo's Legacy

La critica di Notarrigo all'interpretazione soggettivistica della meccanica quantistica e alla «pretesa universalità» del teorema di Bell

Vincenzo Fano - Dipartimento di Scienze Pure e Applicate, Università di Urbino "Carlo Bo" - vincenzo.fano@uniurb.it
Gino Tarozzi - Dipartimento di Scienze Pure e Applicate, Università di Urbino "Carlo Bo"- gino.tarozzi@uniurb.it

Abstract: This paper discusses historically and critically the Einstein-Podolsky-Rosen paradox (1935) and the violation of Bell's inequality. In particular, it highlights how the physicist Salvatore Notarrigo developed a true *experimentum crucis* which tested experimentally a philosophical hypothesis. At first he obtained an uneven result from what was then imposed. Our contribution also investigates the notion of quantum wave up to the latest experimental results.

Keywords: Bell's inequality, Salvatore Notarrigo, *Experimentum crucis*, Quantum waves.

1. Premessa

Desideriamo esprimere la nostra particolare gratitudine agli organizzatori di questo convegno, e in particolare ai colleghi e amici Angelo Pagano e Roberto Mantovani, oltre che al Presidente della SISFA Lucio Fregonese, per l'invito a tenere una relazione nell'ambito del suo XXXIII congresso annuale, ma soprattutto per averlo fatto nell'ambito della sezione tematica dedicata all'eredità di Salvatore Notarrigo, presso il Laboratorio Nazionale INFN del Sud, una delle sedi più prestigiose della fisica sperimentale italiana.

Le ragioni per cui consideriamo un grande onore l'opportunità che ci è stata data di ricordare il prof. Notarrigo spero che emergeranno nel corso del nostro intervento, ma non possiamo fare a meno di anticipare fin d'ora quello che riteniamo uno dei motivi primari: Notarrigo è stato – a nostra conoscenza – l'unico fisico che abbia avuto il coraggio intellettuale di pubblicare i risultati di un esperimento che sembrava configurarsi come una falsificazione in senso forte popperiano della principale teoria della fisica contemporanea. Analoghi risultati che violavano le predizioni di tale teoria ottenuti da Holt e Pipkin dell'Università di Harvard non andarono oltre lo stadio di *preprint*.

Ci riferiamo naturalmente alla meccanica quantistica, una teoria della quale come vedremo egli ha sempre respinto la cosiddetta interpretazione ortodossa. Il suo rifiuto nasceva, come vedremo, da ragioni di natura filosofica, ed erano condivise anche da altri studiosi di fondamenti. Tali ragioni riguardavano gli aspetti antirealistici e

anticausali della formulazione standard della teoria, che comportavano una vera e propria rinuncia a quelle esigenze esplicative che caratterizzano ogni autentica teoria scientifica, rinuncia che è stata sintetizzata dalla celebre affermazione di Feynman che «è tutto assolutamente misterioso e più ci riflettiamo sopra più ci appare misterioso».

Ci ha profondamente colpito nel commosso ricordo del prof. Pappalardo, l'immagine di Notarrigo completamente immerso nel suo esperimento a cui lavora giorno e notte, ignorando il consiglio dell'amico, che preoccupato per questo suo eccessivo coinvolgimento, gli consiglia di non sovrainvestire troppo in qualcosa il cui risultato non dipende da noi e che in fondo è un esperimento come un altro, non una questione di vita o di morte. Per Notarrigo, tuttavia, così come per altri di noi in quegli anni, quello non era un normale esperimento, ma molto di più. Persino qualcosa di più di quello che è accaduto nei grandi esperimenti della storia della fisica, in grado di discriminare tra teorie e ipotesi scientifiche diverse, quelli che prendendo a prestito una terminologia baconiana vengono definiti *experimenta crucis*.

Nel suo e in analoghi esperimenti di controllo sperimentale della diseguaglianza di Bell successivamente realizzati, infatti, ciò che era in questione, caso senza precedenti nella storia della scienza, è la validità di principi filosofici fondamentali che appaiono presupposti non soltanto per ogni "buona" teoria scientifica, ma per la possibilità stessa di fare scienza. Si tratta del principio di causalità – che gioca un ruolo fondamentale nell'origine stessa prima della filosofia, poi della scienza occidentale, all'interno delle quali la nozione di spiegazione razionale in termini di cause, emersa come uno dei principali strumenti per sviluppare e per consolidare l'autonomia e la specificità di tali forme di sapere nei confronti del pensiero mitico e religioso, è sempre stata considerata uno degli elementi costitutivi di ogni modello di conoscenza – e del principio di realtà, quella realtà che le nostre teorie si propongono e riescono con più o meno successo a descrivere, principi che come accennavamo prima vengono messi in discussione dalla rappresentazione quantistica del mondo fisico.

Il prof. Pagano ci ha chiesto di presentare una relazione indirizzata a un pubblico in parte giovane, e in parte di non addetti ai lavori, come del resto accade in manifestazioni che hanno come questa un carattere celebrativo. Cercheremo quindi di soffermarci innanzitutto sul contesto generale in cui si inseriscono i contributi del prof. Notarrigo e sulle loro implicazioni concettuali, non trascurando però alcuni aspetti tecnici che appaiono essenziali per poter comprendere la prospettiva originale e non convenzionale delle sue ricerche sui fondamenti della meccanica quantistica. Per cui chiediamo anticipatamente scusa ai più esperti dell'uditorio per le molte banalità, semplificazioni e trattazioni sommarie e ai non esperti perché ci addentreremo comunque in alcune questioni di una certa complessità, riuscendo così molto probabilmente a scontentare sia gli uni che gli altri!

2. Descrivere la realtà attraverso una teoria antirealistica?

Il terzo volume dei *Poscritti* popperiani alla *Logica della scoperta scientifica*, anticipa e sintetizza già nel titolo *La teoria dei quanti e lo scisma nella fisica*, la posizione assunta

dal più grande filosofo (della scienza) del Novecento nei confronti dei fondamenti della meccanica quantistica:

> La maggior parte dei fisici […] crede che la sua interpretazione della meccanica quantistica, che è fondamentalmente realistica, sia identica all'interpretazione "ufficiale", alla cosiddetta interpretazione di Copenaghen, dovuta a Bohr e Heisenberg. Ma è un errore storico grossolano, che non avrebbe molta importanza se non per il fatto che tre dottrine di rilievo ancora risentono dell'influenza dell'interpretazione ["idealistica" e "positivistica"] di Copenaghen, la cui tesi fondamentale è – o piuttosto era – che la fisica quantistica non sarebbe tanto una teoria delle microparticelle, quanto piuttosto una teoria della nostra conoscenza [delle microparticelle] (Popper 1985, p. 4).[1]

Le tre dottrine dell'interpretazione ortodossa cui fa riferimento Popper e che a suo parere non sono fortunatamente condivise dalla maggior parte dei fisici, soprattutto sperimentali, sono i tre presupposti fondamentali della formulazione standard della teoria:

1. l'interpretazione non statistica delle relazioni di indeterminazione, e cioè il principio di indeterminazione di Heisenberg;
2. il principio di complementarità di Bohr, e in particolare l'incompatibilità tra descrizione causale e spaziotemporale;
3. il postulato di riduzione della funzione d'onda, in base al quale un sistema non osservato (o non misurato) in uno stato di sovrapposizione, si riduce istantaneamente dopo la misurazione a uno stato ben definito.

Lo scisma tra questi due modi diversi e inconciliabili di intendere la fisica, che si manifesta a livello del dibattito sull'interpretazione della meccanica quantistica tuttora in corso, ha prodotto una situazione fortemente contraddittoria in cui da una parte i fisici, che operano nei centri di ricerca e nei laboratori, continuano a farlo perseguendo quella prospettiva realistica che caratterizza la fisica dal suo stesso costituirsi come scienza, ma dall'altra questa loro posizione genuinamente realistica appare in contraddizione con i fondamenti concettuali ed epistemologici, basati su un'ideologia soggettivistica e strumentalistica, della teoria che utilizzano. Notarrigo è tra i pochissimi scienziati che non parteciparono allo scisma, dato che da una parte non accettò i fondamenti concettuali dell'interpretazione ortodossa, dall'altra non continuò, come i fisici sperimentali di cui parla Popper, a fare ricerca ignorando che la realtà degli oggetti rivelati o registrati dai loro sempre più complessi e sensibili dispositivi di misura viene messa in discussione dalla teoria che utilizzano per descriverli, ma affrontò direttamente il problema con grande spregiudicatezza intellettuale portando non solo argomenti ma anche esperimenti che potessero confermare una interpretazione autenticamente realistica e causale dei fenomeni microfisici.

La posizione di Notarrigo appare ancora più avanzata in un contesto come quello italiano degli anni Settanta in cui la situazione contraddittoria cui allude Popper emerge

[1] Traduzione a cura degli autori.

piuttosto tardivamente, dato che il dibattito sui fondamenti della meccanica quantistica era appena iniziato a causa dell'influenza ideologica della filosofia neoidealistica che dominò la cultura italiana per tutta la prima metà del Novecento e anche molto più tardi.

L'atteggiamento della filosofia neoidealistica, come è ben noto, è liquidatorio nei confronti delle scienze formali, come la logica matematica che appare a Croce nella sua *Logica come scienza del concetto puro* «cosa risibile [quando venga considerata come scienza del pensiero], veramente degna dei cervelli che l'hanno costruita» (Croce 1920, p. 93), mentre nel caso dei fondamenti della fisica l'atteggiamento appare più complesso e articolato.

La cultura neoidealistica, infatti, pur non riconoscendo valore conoscitivo alla scienza, non negava affatto il suo valore pratico, sottolineandone la natura essenzialmente pragmatica e la fisica, alla luce delle fondamentali scoperte agli inizi del Novecento, sembrava soddisfare, anche più di altre scienze empiriche, tali requisiti.

In base a questa prospettiva le ricerche sperimentali sulle applicazioni e l'impatto tecnologico della fisica venivano apprezzate e fortemente incoraggiate, mentre le indagini sui fondamenti concettuali delle teorie fisiche, considerati da Croce come pseudoconcetti privi di universalità e da Gentile come troppo astratti e dogmatici, vennero quasi completamente trascurate dai fisici italiani.

Una importante eccezione è costituita da Giovanni Gentile jr, uno tra i primi professori di fisica teorica in Italia, che si schierò apertamente a favore della interpretazione ortodossa della meccanica quantistica, considerandola come una delle più evidenti conferme della filosofia idealistica, nella variante attualistica, secondo la quale l'oggetto fisico non esisterebbe in assenza di un soggetto che lo osserva.

Ettore Majorana invece, come è stato sottolineato in una relazione del primo giorno, vedeva i principi della meccanica quantistica come una confutazione della causalità, sottolineando la necessità di una rifondazione della fisica mediante le metodologie statistiche delle scienze sociali, seguendo un processo opposto rispetto a quello teorizzato e perseguito dalla filosofia scientifica del neopositivismo e non senza una certa confusione tra la natura probabilistica e indeterministica della teoria quantistica, in cui la probabilità ha un carattere primario, con quella statistica delle scienze sociali in cui la probabilità appare un elemento legato alla nostra mancata conoscenza.

Nella sintetica ed efficace biografia di Notarrigo scritta per l'*Enciclopedia Italiana*, Pagano (2013) sottolinea un importate contributo interdisciplinare del fisico catanese che lo portò alla proposta di un modello fisico per lo studio dell'interazione economia-ambiente e, riprendendo il pensiero di Karl Marx e riferendosi ai moderni lavori degli economisti Piero Sraffa e Nicholas Georgescu-Roegen e del fisico-matematico John von Neumann, dimostrò l'impossibilità di una crescita esponenziale dei consumi energetici globali in conseguenza della legge generale termodinamica dell'entropia.

Anche per queste ragioni, Notarrigo si pone quindi in aperto contrasto con la prospettiva idealistica, che nega valore conoscitivo alla scienza, abbracciando, come è testimoniato da altri suoi scritti di carattere interdisciplinare, il punto di vista del materialismo dialettico che proprio in nome di questa portata conoscitiva dell'impresa scientifica vedeva nel ripudio dei principi di realtà e di causalità, caratteristico della

fisica contemporanea (e in particolare della meccanica quantistica), una deviazione pericolosa da un cammino che aveva portato a grandi progressi scientifici e materiali.

Già prima dell'avvento della meccanica quantistica, Lenin in *Materialismo ed empiriocriticismo*, esprimeva una forte preoccupazione per la crisi prodotta nella fisica dallo strumentalismo di Mach:

> Il legame della fisica moderna o, più esattamente di una determinata scuola di fisica moderna, col machismo e con altre varietà della filosofia idealistica contemporanea, non può essere messo in dubbio (Lenin 1973, p. 246).
> L'essenza della crisi della fisica contemporanea consiste nello sconvolgimento delle vecchie leggi e dei principi fondamentali, nel ripudio della realtà obiettiva esistente fuori della coscienza, e cioè nella sostituzione dell'idealismo e dell'agnosticismo al materialismo (Lenin 1973, p. 253).

3. La preistoria del paradosso di EPR (1927)

Il dibattito tra interpretazione realistica e interpretazione ortodossa accompagna la teoria sin dagli anni della sua stessa fondazione, e trova le sue radici più profonde da un lato nella controversia sulla natura della funzione d'onda tra de Broglie e Schrödinger, che la interpretavano come un processo fisico reale che si propagava nello spazio e nel tempo, e Born, Heisenberg e Pauli che la consideravano invece come uno strumento matematico per calcolare probabilità di rivelazione di particelle, e dall'altro nel dibattito tra Einstein e Bohr sul problema della completezza del formalismo quantistico, che non appariva in grado di descrivere come contemporaneamente reali tutte le proprietà che era in grado di prevedere. Già al congresso Solvay del 1927 Einstein presenta un paradosso che anticipava il più celebre argomento discusso nel 1935 con Podolski e Rosen e in cui emergono chiaramente i termini del dibattito tuttora in corso sui fondamenti della meccanica quantistica.

Scopo del paradosso era di dimostrare come la tesi ortodossa secondo cui la meccanica quantistica è una teoria completa dei processi fisici individuali comportasse un serio problema di compatibilità con uno dei postulati fondamentali della teoria della relatività speciale: quello di costanza della velocità della luce, che vieta la propagazione di azioni a distanza istantanee tra due sistemi spazio-temporalmente separati.

Einstein considerò (Fig. 1) a tale scopo una sorgente dalla quale venivano emessi elettroni, che si propagavano attraverso una fenditura tanto stretta da provocare lo *scattering* di queste particelle verso un secondo schermo, posto dietro la fenditura e rivestito con una pellicola fotosensibile, che avrebbe permesso così la loro localizzazione tramite un effetto osservabile. A questo punto Einstein sottolineò che potevano essere assunte due diverse concezioni nell'interpretazione della teoria. Secondo la prima, la descrizione fornita dalla funzione d'onda non rappresenterebbe il singolo micro-oggetto, ma piuttosto un insieme statistico di particelle distribuite nello spazio: in tal modo la MQ andrebbe considerata come una teoria statistica che non è in grado di descrivere i singoli processi elementari, ma un insieme di un'enorme quantità

d'essi. Analogamente il modulo quadrato della funzione d'onda ψ(r) esprimerebbe la densità di probabilità che esista in r qualche particella dell'insieme.

Per la seconda concezione, che corrisponde all'interpretazione ortodossa nella forma di Born e considera la MQ come una teoria completa dei processi fisici individuali, esattamente ciò che verrà messo in discussione pochi anni dopo nel paradosso di EPR, ciascuna particella che si muove attraverso lo schermo è descritta da un pacchetto d'onde che, dopo esser stato diffratto a causa dell'attraversamento della fenditura, arriva in un preciso punto P dello schermo rivelatore. In questo modo il modulo quadro di ψ(r) esprime la densità di probabilità che a un dato istante, una singola particella mostri la sua presenza in r. Questo significa che per la seconda interpretazione fino a quando non avverrà alcun processo di localizzazione, quella singola particella va considerata potenzialmente presente, con probabilità uniformemente costante, sull'intera superficie dello schermo rivelatore. Tuttavia, non appena avviene una sua localizzazione sullo schermo, la probabilità della sua presenza estesa a tutti i punti diversi da A diventa istantaneamente uguale a zero.

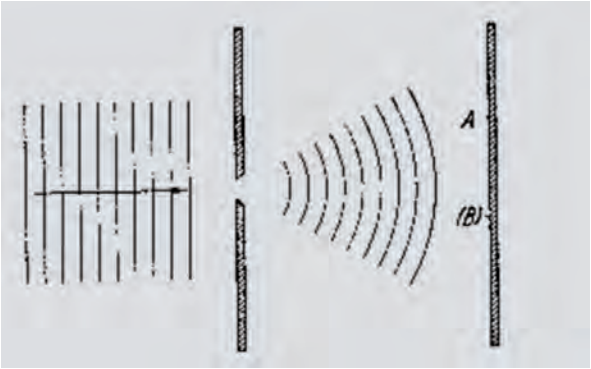


Fig. 1. Primo esperimento proposto da Einstein sul problema della località, 1927

Einstein sottolineò che un simile processo al momento della localizzazione della particella, noto come collasso o riduzione della funzione d'onda, comportasse un meccanismo di azione a distanza incompatibile con il postulato relativistico di costanza della velocità della luce.

Non restava quindi altro da fare che rigettare la tesi della completezza della meccanica quantistica.

4. Il paradosso di EPR (1935)

Vi sono diverse ragioni che rendono l'argomento di EPR fondamentale per il dibattito sul realismo in meccanica quantistica (ed in generale sulle teorie fisiche). Esso infatti stabilisce, in primo luogo, la necessità di basare il realismo delle entità fisiche non su argomenti filosofici a priori, ma su esperimenti e misurazioni. In secondo luogo, fu

proprio a partire dall'argomento di EPR che Schrödinger introdusse il concetto di *correlazione a distanza* (*entanglement*) che rappresenta una delle peculiarità fondamentali del formalismo quantistico.

L'esigenza realistica di EPR si evince con chiarezza dal fatto che l'argomento da loro proposto prende le mosse da un "criterio" di realtà che rappresenta ciò che gli stessi autori riconoscono essere condizione sufficiente (e non necessaria) per asserire la realtà di un qualche elemento:

> Se, senza in alcun modo perturbare un sistema, possiamo predire con certezza (vale a dire con probabilità uguale a 1) il valore di una quantità fisica, allora esiste un elemento di realtà fisica corrispondente a quella quantità fisica (Einstein *et al.* 1935, p. 777).[2]

Questa riformulazione in termini significanti, dal punto di vista empirico, delle tesi del realismo metafisico è avvenuta operando uno spostamento della nozione di realtà dagli oggetti alle loro proprietà prevedibili, facendo propria la critica, prima kantiana e poi logico-empirista, all'esistenza come ulteriore proprietà che può essere attribuita a un oggetto in aggiunta alle sue proprietà empiriche. Esiste quindi una perfetta continuità tra realismo metafisico e realismo empirico, nel senso che quest'ultimo conserva l'idea fondamentale della realtà come indipendenza dalla mente (o coscienza) caratteristico del primo.

Il criterio di realtà di EPR è strettamente deterministico; ciò deriva dal fatto che esso richiede che le proprietà del sistema fisico a cui viene attribuita realtà devono essere prevedibili con certezza per ogni singolo sistema. Così le teorie a variabili nascoste che soddisfacevano la disuguaglianza di Bell erano non soltanto locali (vale a dire, in accordo con la località einsteiniana che vietava l'esistenza di azioni a distanza superluminali), ma anche deterministiche.

Il risultato di Bell venne comunque presto esteso alle teorie probabilistiche locali di variabili nascoste da Clauser e Horne (CH).

5. Notarrigo e i limiti di validità del teorema di Bell

In occasione del centenario della nascita di Niels Bohr che coincideva con il cinquantenario del paradosso di EPR, uno di noi (GT) organizzò insieme a Franco Selleri, con cui aveva – e ha mantenuto fino alla sua recente scomparsa – un intenso rapporto di amicizia e collaborazione scientifica, un congresso nazionale che si svolse a Cesena dall'11 al 13 aprile del 1985. Al congresso parteciparono come *invited speakers* alcuni dei principali studiosi italiani di fondamenti della meccanica quantistica come Enrico Beltrametti, Giancarlo Ghirardi, Francesco Guerra, Marcello Cini, Luigi Galgani, Antonio Pignedoli, Silvio Bergia, Maria Luisa Dalla Chiara, Giuliano Toraldo di Francia, Silvano Tagliagambe, e Augusto Garuccio. Notarrigo, che figurava tra gli invitati, mi scrisse una lettera in cui si dichiarava molto dispiaciuto di non poter

[2] Traduzione a cura degli autori.

intervenire, ma che avrebbe avuto molto piacere di poter contribuire agli eventuali Atti del convegno. Per cui quando la Kluwer accettò di pubblicare i *Proceedings*,[3] fu tra i primi a mandarmi il suo articolo, in cui troviamo espressa la tesi fondamentale che la validità delle diseguaglianze del tipo di Bell (Bell, CHSH, CH) sia fortemente limitata dall'assenza di un ritardo temporale nella definizione stessa delle coincidenze tra le rivelazioni dei due apparati spaziotemporalmente distanti. E appare fuori discussione il fatto che tale ritardo temporale è assente in tutte le precedenti diseguaglianze. Tuttavia CH giustificano questa assenza introducendo una ipotesi aggiuntiva sulla *coincidence time window* τ:

> The practical criterion for a "coincidence count" always involves a coincidence time window τ: pairs of counts separated in time by less than τ are defined to be coincident. This procedure may appear to make the definition of (the coincidence counting rate) N_{12} (ab) ambiguous, since in general it will depend upon the experimenter's choice for τ. However, this dependence is usually insensitive to variation in τ which satisfy $s \ll \tau \ll 1/r$ where r is the average count rate at either detectors, and s is the typical time separation of the "true" coincidence pairs. Thus we tacitly require the experimental arrangement be such that this condition obtains (Clauser, Horne 1974, p. 534).

Ora è proprio questa l'ipotesi nascosta (o meglio una delle ipotesi nascoste) che consente di trasformare la diseguaglianza di Bell in quella sperimentalmente controllabile di CHSH.

Per CH τ dev'essere un compromesso tra il valore ideale, ovvero $\tau = 0$, e il valore pratico sperimentalmente significativo $\tau > 0$, che deve tener conto della durata dell'esperimento, della separazione temporale tra le coppie di particelle, ecc. Per cui se in accordo a tale prospettiva molto ragionevole – ma la ragionevolezza non rappresenta sicuramente la molla del progresso in fisica – vogliamo realizzare un buon esperimento per controllare la diseguaglianza, dobbiamo scegliere τ, in modo tale che sia soddisfatta la $s \ll \tau \ll 1/r$. Ora questo è proprio quanto non accade nel modello classico di sfere rotanti proposto da Notarrigo nel suo articolo. Egli mette così in luce un aspetto completamente nuovo delle diseguaglianze di Bell, vale a dire la possibilità di una loro violazione da parte di un modello realistico locale facendo ricorso a un'elettronica scelta ad hoc. Si tratta di un risultato assolutamente non ovvio, e di notevole rilevanza concettuale, dal momento che mostra come le ricerche sul teorema di Bell compiute fino ad allora non tenessero conto delle insidie derivanti dal fatto che la definizione sperimentale delle coincidenze, rivelate nei test delle diseguaglianze, non è equivalente alla definizione teorica.

La precedente analisi di Notarrigo mette quindi in discussione ciò che Popper molto efficacemente definiva la «pretesa universalità» del teorema di Bell, vale a dire l'ipotesi che

> tutte le possibili teorie locali (di emissione e propagazione di particelle in direzioni opposte) portano a previsioni statistiche che differiscono dalle previsioni della meccanica quantistica (Popper 1985, p. 11).[4]

[3] URL: <http://link.springer.com/book/10.1007/978-94-009-2947-0>.
[4] Popper qui cita l'ipotesi chiamata da T. Angelidis "the Universality Claim". Traduzione a cura degli autori.

La dimostrazione del teorema di Bell data da Clauser e Horne era fondata su un'altra ipotesi addizionale, molto meno nascosta di quella individuata da Notarrigo, la cosiddetta ipotesi di fattorizzabilità, che consisteva nella erronea identificazione della nozione fisica di località con il concetto di indipendenza statistica del calcolo delle probabilità come era apparso chiaro dalla discussione di un modello realistico locale in grado di violare questa ipotesi addizionale (Selleri, Tarozzi 1980). In tal modo il più grande filosofo della scienza del Novecento giungeva ad analoghe conclusioni circa i limiti di validità del teorema di Bell:

> F. Selleri e G. Tarozzi hanno trovato un modello che soddisfa la definizione di Bell di località ma non la definizione di località di Clauser e Horne (conosciuta anche come "condizione di fattorizzabilità"); questo sembra mostrare ancora una volta che Clauser e Horne non hanno soddisfatto la pretesa di universalità (Popper 1985, p. 23).[5]

In un lavoro successivo Notarrigo ritorna sul problema estendendo la critica alla fattorizzabilità alle dimostrazioni deterministiche del teorema di Bell, che individuando nella fattorizzabilità la nozione critica non dal punto di vista teorico, come era stato fatto da Selleri e da uno di noi, ma da quello sperimentale:

> the experiments performed so far in order to test Bell's inequality are not suited to test for determinism and locality, because of an intrinsic impossibility of factorizing the inputs of the required coincidence circuit. On the other hand the factorizability hypothesis is a necessary ingredient for proving the inequality and implies the need for ideal apparatuses which, however, cannot be easily realized in practice without a detailed deterministic model which is, in principle, rejected by the usual interpretation of quantum mechanics (Notarrigo 1988a, p. 693).

La spiegazione fisica della violazione andrebbe ricercata secondo Notarrigo nel fatto che la fattorizzabilità richiede apparati di misura ideali:

> Bell's inequality is, of course, a correct mathematical theorem under his hypotheses. Two of such hypotheses (namely, determinism and locality) have been explicitly considered by Bell; a third hypothesis (factorizability) was implicitly advanced, certainly because he was considering ideal measuring apparatuses. The theorem is physically relevant on the theoretical side because it forbids any local classical interpretation of Q.M. which does not take into account the role of the finite resolution of any physical device. However, on the empirical side, Bell's theorem cannot forbid a local classical interpretation of Q.M., when the role of the measuring device is taken into account for a more complete specification, as envisaged by EPR, of the experiments. Of course, our considerations cannot tell how such a complete specification could be achieved but simply tell that the experiments devised for this purpose, at date, cannot forbid it (Notarrigo 1988a, p. 700).

Per ragioni legate alla sua formazione filosofica, Notarrigo ritiene il determinismo un principio irrinunciabile, e d'altra parte proprio su un modello deterministico si fondava

[5] Traduzione a cura degli autori.

il modello matematico applicato all'economia politica descritto da Pagano nella sua breve biografia sull'*Enciclopedia Italiana*, di cui abbiamo riferito all'inizio.

Questa tanto ricercata, e non solo da Notarrigo, coesistenza tra descrizione quantistica e sua reinterpretazione realistica, locale e causale, apparve tuttavia ben presto illusoria alla luce di successive analisi delle ipotesi utilizzate nella derivazione del paradosso di EPR e del teorema di Bell, dalle quali emerse da una parte la possibilità di dimostrazione del teorema senza ricorso alla ipotesi di completezza del formalismo quantistico, che metteva in luce l'esistenza di una situazione paradossale molto più seria di quella originale, dovuta a un diretto conflitto tra realismo locale e descrizione quantistica basata sull'*entanglement*,[6] dall'altra quella di generalizzare probabilisticamente il teorema stesso senza far ricorso all'ipotesi di fattorizzabilità, ma soltanto a un principio probabilistico di realtà e a uno stato entangled generalizzato.[7]

6. L'interpretazione realistica della funzione d'onda

Come abbiamo visto, l'argomento di EPR e il dibattito successivo ponevano per un realista, il problema dell'*incompletezza* della meccanica quantistica. La più naturale possibilità di completamento della teoria esistente, peraltro già proposta da de Broglie con la teoria dell'onda pilota allo stesso congresso Solvay del 1927 in cui Einstein presentò il paradosso discusso nel paragrafo 3, andava nella direzione di un'interpretazione realistica della funzione d'onda. Un simile impegno ontologico nei confronti di questo termine teorico del formalismo quantistico corrisponde all'assunzione di una concezione di realismo scientifico, vale a dire di un realismo che non riguarda – come quello empirico – le *proprietà* dei sistemi, ma che si concentra direttamente sulle *entità* stesse. Proprio questo portò a ritenere che il realismo empirico implicasse il realismo scientifico come sua formulazione debole e che entrambi dovessero essere sostenuti contemporaneamente per un'interpretazione realistica della meccanica quantistica coerente ed esaustiva: coerente perché se il formalismo quantistico dà, come mostrano sia la versione deterministica sia quella probabilistica dell'argomento di EPR, una descrizione incompleta, appare inevitabile andare a completare l'interpretazione parziale del suo concetto teorico fondamentale proposta da Born (la quale si limita a identificare il modulo quadro della funzione d'onda con la densità di probabilità di trovare una particella) attribuendo invece proprietà reali specifiche a tale termine teorico; esaustiva perché una teoria in cui si assume la realtà delle proprietà prevedibili dovrà impegnarsi ontologicamente anche sui suoi concetti fondamentali. Appariva quindi assolutamente naturale che l'interpretazione realistica della meccanica quantistica, così come quella di una qualunque altra teoria fisica, dovesse soddisfare entrambi i seguenti requisiti:

[6] Vedi: Selleri, Tarozzi (1980); de Muynck, van Stekelenbor (1986); Selleri, Tarozzi (1986); de Baere (1988); Afriat, Tarozzi (2006); Calosi *et al.* (2011); Calosi *et al.* (2012).
[7] Vedi: Selleri, Tarozzi (1983); Tarozzi (1994).

> a) il primo è che i concetti non-logici di una teoria che ne caratterizzano lo specifico contenuto empirico possano essere messi in corrispondenza con, o in altri termini hanno come "controparte", proprietà o oggetti fisici reali;
> b) il secondo è che l'intera teoria soddisfi un principio generale ed epistemologico di realtà che non si limita esso stesso, né richiede necessariamente, un'interpretazione realistica di questo o quel concetto, ma stabilisce l'indipendenza da ogni processo mentale delle proprietà degli oggetti che possono essere predette senza essere, per questo scopo, costretti ad interagire con l'oggetto a cui queste proprietà sono riferite (Afriat, Tarozzi 2006, p. 130; Tarozzi 2007, pp. 27-28).

In altri termini dunque, esistono due assunzioni distinte e complementari che sono alla base di una interpretazione realista (non metafisica) di una teoria fisica:

> a) l'attribuzione di realtà ai suoi *concetti* fondamentali;
> b) l'assunzione che le *proprietà* fisiche predette da questa teoria sono proprietà oggettive (o, nella versione fenomenistica del realismo, intersoggettive) indipendenti dalla mente o dalla coscienza di un dato osservatore (Afriat, Tarozzi 2006, p. 132).

La teoria dell'onda pilota di de Broglie (1927) sosteneva, in estrema sintesi, che ogni particella è accompagnata e guidata nel suo moto da un'onda classica. Risultano così perfettamente spiegati i fenomeni di diffrazione e autointerferenza delle particelle, ma non il fatto che le evidenze empiriche mostrano che tutta l'energia si trova concentrata nella particella. Il che poneva un serio problema epistemologico, quello dell'assunzione dell'esistenza di un'entità fisica (l'onda pilota, appunto) a cui non era però direttamente associata alcuna quantità fisica osservabile, come accade invece nel caso dell'onda classica, una delle cui principali caratteristiche è proprio quella di trasportare energia.

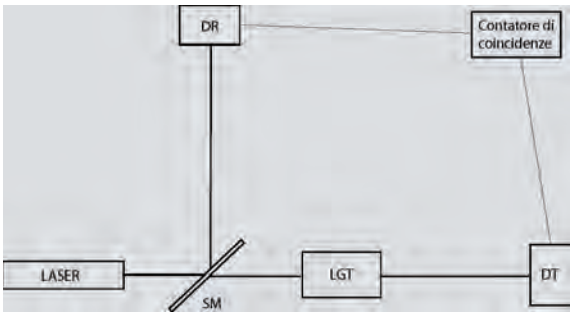


Fig. 2. Esperimento proposto da Selleri

Nel tentativo di individuare una via nuova per superare questo problema, F. Selleri avanzò una soluzione basata sull'ipotesi rivoluzionaria che, nonostante non fosse possibile associarle direttamente una qualche quantità fisica, l'onda quantistica potesse essere messa in relazione con variazioni nella probabilità di transizione di alcuni tipi di sistemi con i quali si trovasse a interagire, e quindi con fenomeni fisicamente osservabili. A partire da questa idea, fin dal 1969 Selleri propose un esperimento,

successivamente perfezionato (Selleri 1984), in cui una sorgente di fotoni (Fig. 2) incide su uno specchio semitrasparente che divide il fascio incidente in un fascio trasmesso e in uno riflesso che si propagano verso due rivelatori (DT e DR, rispettivamente).

Lungo il percorso del fascio trasmesso, tra lo specchio semitrasparente SM e DT, viene posto un tubo di guadagno laser LGT. Nei casi in cui DR, che si trova lungo il fascio riflesso, rivela la presenza di un fotone, nel fascio trasmesso dovrebbe essere presente la sola onda quantistica che, secondo l'ipotesi di Selleri, ha la possibilità di rivelare la sua presenza, generando emissione stimolata di fotoni nel passaggio attraverso LGT: infatti, le molecole contenute in LGT sono tenute in un livello eccitato, che include la lunghezza d'onda dell'onda incidente. Il fotone eventualmente emesso da LGT potrebbe essere rivelato da DT. In questo modo le coincidenze tra le rilevazioni di DT e DR indicherebbero inequivocabilmente la propagazione di un fenomeno ondulatorio privo di energia trasmesso dallo specchio semitrasparente lungo il braccio in cui è posto DT. La propagazione spaziotemporale di questa nuova entità potrebbe essere studiata controllando se le coincidenze tra DT e DR spariscono quando viene inserito un ostacolo nel fascio trasmesso prima di LGT (che impedirebbe in tal modo all'onda di dar vita all'emissione stimolata). Una risposta positiva dell'esperimento avrebbe mostrato, secondo Selleri, che

> qualcosa che non trasporta energia o impulso ma che può produrre transizioni di probabilità, si propaga nello spazio e nel tempo (Selleri 1984, p. 116),[8]

confermando così una nuova interpretazione realistica dell'onda quantistica.

Due varianti dell'esperimento di Selleri furono successivamente suggerite da uno di noi: la prima di queste varianti (Tarozzi 1982; 1984) costituiva un controllo sperimentale dell'interpretazione realistica dell'esperimento della doppia fenditura proposta come alternativa all'interpretazione logico quantistica (Selleri, Tarozzi 1978), mentre la seconda provava a mettere in evidenza la coesistenza della nuova proprietà (di generare emissione stimolata di luce) delle onde quantistiche ipotizzata da Selleri, con quella ben nota di produrre auto-interferenza di fotoni, mostrando come entrambe queste proprietà si riferissero al medesimo oggetto e non dovessero essere considerate complementari e quindi anche reciprocamente esclusive nel senso di Bohr (Tarozzi 1985).

Il più importante esperimento per rivelare le proprietà fisiche delle onde quantistiche, è stato proposto da un altro fisico catanese, Vittorio Rapisarda, che come Notarrigo aveva progettato un esperimento molto sofisticato per controllare la validità del teorema di Bell, insieme ad Augusto Garuccio e Jean-Pierre Vigier (Garuccio *et al.* 1982). Si tratta di un esperimento basato sul fallimento dell'ipotesi di Selleri che l'onda quantistica produca emissione stimolata di fotoni.

È stato mostrato da uno di noi (GT) che le due proposte sperimentali di Selleri e GRV, pur configurandosi come controlli dell'interpretazione della meccanica quantistica a due diversi livelli, non sono in realtà in conflitto e possono essere combinate in un singolo esperimento (Tarozzi 1985), che illustreremo ora brevemente.

[8] Traduzione a cura degli autori.

L'apparato sperimentale (Fig. 3), consiste di una sorgente incoerente e d'intensità molto bassa di fotoni monocromatici che, incidendo su uno specchio semitrasparente (ST_1), vengono scissi in un fascio trasmesso ed uno riflesso. Entrambi i fasci vengono nuovamente divisi da altri due specchi semitrasparenti (ST_2 e ST_3) in due componenti.

Le componenti trasmesse si propagano verso i fotomoltiplicatori P_1 e P_2 rispettivamente, mentre entrambe le parti riflesse raggiungono il sistema interferenziale SI (composto da due fotomoltiplicatori P_C e P_D situati, rispettivamente, nelle zone di interferenza costruttiva e distruttiva). Lungo il cammino del fascio trasmesso, tra ST_1 e ST_2, viene collocato un amplificatore laser AL.

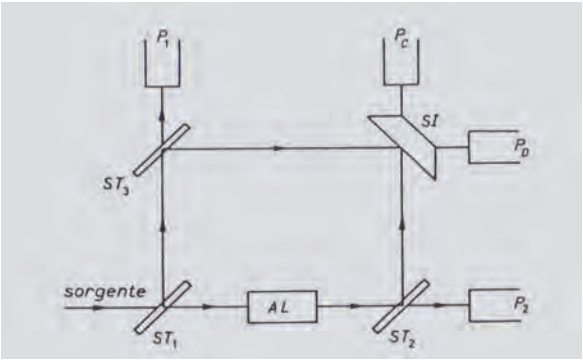


Fig. 3. Esperimento proposto da Rapisarda

Con un simile dispositivo possiamo, in primo luogo, controllare l'ipotesi dell'emissione stimolata di Selleri, verificando l'esistenza di coincidenze non casuali tra le rivelazioni di P_1 e P_2, una volta che ST_2 e ST_3 sono stati rimossi. La constatazione di tali coincidenze dimostrerebbe infatti che l'onda relativa alla particella che è stata rilevata da P_1 è stata trasmessa da ST_1 producendo poi l'emissione di una seconda particella, attraversando AL, rilevata da P_2.

Ora, indipendentemente dal risultato trovato, siamo comunque in grado di controllare sperimentalmente il postulato di riduzione della funzione d'onda. In primo luogo, infatti, supponiamo che le coincidenze non casuali tra le rilevazioni di P_1 e P_2 non vengano trovate, e che, dunque, l'onda quantistica non provochi l'emissione stimolata di fotoni. Questo riporterebbe la situazione all'ipotesi di base di Garuccio, Rapisarda e Vigier, del 1982, secondo la quale AL si limiterebbe a duplicare le particelle che lo attraversano e che saranno, quindi, nei casi interessanti, rilevate da P_2 e da SI con probabilità 1/3. In particolare, secondo i tre autori, la possibilità di isolare, nel fascio riflesso da ST_1 e ST_2, l'onda quantistica priva della relativa particella, permetterebbe di avere interferenza in SI, e quindi, coincidenze tra P_2 e P_C (regione di interferenza costruttiva). Tale risultato sarebbe in contraddizione con le previsioni quantistiche basate sul postulato di riduzione del pacchetto d'onda che imporrebbero le coincidenze tra P_2 e P_D (e non P_C) a causa della scomparsa dell'interferenza in conseguenza della possibilità di stabilire il percorso seguito dalla particella nell'apparato.

Supponiamo ora di trovare coincidenze tra P_1 e P_2, confermando l'ipotesi dell'emissione stimolata. In questo caso la rivelazione delle coincidenza tra P_2 e P_C non sarebbe più in contraddizione con il postulato di riduzione dal momento che non saremmo ora in grado di stabilire se il fotone rilevato da P_2 è una conseguenza della duplicazione della particella proveniente da ST_1 o dall'emissione stimolata provocata dalla sola onda quantistica nell'attraversare AL. Tuttavia, la rilevazione della particella in P_1 consente di stabilire che un'onda quantistica si è propagata da ST_3 a SI. Supponiamo ora di trovare coincidenze tra P_1 e P_2, confermando l'ipotesi dell'emissione stimolata. In questo caso la rivelazione della coincidenza tra P_2 e P_C non sarebbe più in contraddizione con il postulato di riduzione dal momento che non saremmo ora in grado di stabilire se il fotone rilevato da P_2 è una conseguenza della duplicazione della particella proveniente da ST_1 o dall'emissione stimolata provocata dalla sola onda quantistica nell'attraversare AL. Tuttavia, la rilevazione della particella in P_1 consente di stabilire che un'onda quantistica si è propagata da ST_3 a SI.

La novità concettuale dell'esperimento di GRV appare quella di stare a metà strada tra gli esperimenti che, come quello di Selleri e le sue varianti, controllavano l'interpretazione filosofica di un termine teorico e sono privi di conseguenze nei confronti della validità dell'attuale formalismo quantistico, e gli esperimenti sul teorema di Bell, che controllano invece, come abbiamo visto, la validità della descrizione quantistica basata sugli stati non fattorizzabili (entangled), logicamente implicati dal principio di sovrapposizione, uno dei due principi fondamentali su cui è stato costruito il formalismo stesso.

Ci troveremmo quindi di fronte ad un livello intermedio di controllabilità della teoria quantistica: una falsificazione sperimentale del postulato di riduzione non comporterebbe soltanto l'esigenza di un abbandono dell'interpretazione di Copenhagen, implicata da una eventuale rilevazione delle proprietà dell'onda quantistica, ma anche una modifica della formulazione assiomatica della teoria, che, a differenza di quanto accadrebbe nel caso di una conferma sperimentale delle disuguaglianze di Bell, consentirebbe tuttavia di conservare i principi matematici basilari dell'attuale formalismo.

Gli esperimenti finora realizzati tuttavia, non sono riusciti né a confermare l'interpretazione realistica della funzione d'onda sostenuta da Selleri, né tantomeno a confutare il postulato di riduzione della funzione d'onda caratteristico della interpretazione ortodossa (Hardy 1992; Zou *et al.* 1992), analogamente a quanto è accaduto nel caso degli esperimenti che hanno mostrato le violazioni della diseguaglianza di Bell in accordo alle previsioni della meccanica quantistica.

7. Conclusioni

La ricerca sulle situazioni paradossali della meccanica quantistica continua senza sosta. Recentemente Aharonov *et al.* (2013) hanno proposto un esperimento, che poi è stato effettivamente realizzato Denkmayr *et al.* (2014), il quale porta nuova acqua al mulino di chi crede nella realtà delle onde quantistiche.

A grandi linee la questione può venir rappresentata nella maniera seguente. Si consideri un fotone polarizzato in senso orizzontale H, ma la cui posizione è in

sovrapposizione su due luoghi, diciamo sinistra L e destra R. Si fanno interferire le due parti LH e RH. Dopo si mette a punto un apparato sperimentale in grado di post-selezionare o LH o RV, dove V sta per verticale. Questo è tecnicamente possibile. Siamo sicuri che i fotoni, che si trovano in questo stato, sono passati da sinistra L, perché se fossero del tipo RH, sarebbero ortogonali alla nostra post-selezione che comprende solo RV. Ciò malgrado se mettiamo un misuratore di polarizzazione sul ramo destro dell'esperimento è possibile che rilevi qualcosa, cioè che trovi una certa polarizzazione del fotone, che, senza entrare nei dettagli, chiamiamo σ_z. Questo è previsto dalla meccanica quantistica e confermato sperimentalmente.

Per rappresentare in maniera figurativa questa strana situazione fisica, si è utilizzata la metafora del gatto del Cheshire di *Alice nel paese delle meraviglie*. In un certo senso, infatti, il gatto – il fotone – è da una parte, mentre il suo ghigno – la polarizzazione σ_z è dall'altra.

Tale situazione paradossale ha come al solito una soluzione ortodossa, che suona più o meno così. Di fatto, se noi misuriamo contemporaneamente l'osservabile posizione a destra e σ_z, oppure la posizione a sinistra e σ_z, anche se le due osservabili commutano, si disturbano reciprocamente, per cui sul singolo fotone la separazione del gatto dal suo ghigno è impossibile.

Purtroppo per gli ortodossi, però, oggi è possibile quella che si chiama *misurazione debole*, in cui il disturbo è, per così dire, sotto controllo. Utilizzando in modo intelligente dal punto di vista teorico questo tipo di apparati – cosa che è stata effettivamente realizzata – si può aggirare la situazione e ottenere nuovamente la separazione fra il gatto e il ghigno.

È difficile negare, almeno di primo acchito, che la presenza del ghigno là dove non c'è il gatto fa pensare alla necessità che qualcosa lo sostenga ontologicamente. Forse la famigerata onda quantistica?

Questo nuovo e filosoficamente interessante risultato meriterebbe una ben più ampia discussione, tuttavia esso mostra che le intuizioni realistiche di fisici attenti alle questioni di fondamenti, come Selleri e Notarrigo, continuano a suggerire feconde ricerche.

Bibliografia

Afriat A., Tarozzi G. (2006). *Can Nothing Cause Nonlocal Quantum Jumps?*, in Bassi A., Dürr D., Weber T., Zanghì N. (eds.). *Quantum Mechanics. Are There Quantum Jumps? On the Present Status of Quantum Mechanics*. New York: American Institute of Physics, pp. 3-7.

Aharonov Y., Popescu S., Rohrlich D., Skrzypczyk P. (2013). "Quantum Cheshire Cats". *New Journal of Physics*. 15, p. 113015.

Alai M., Auletta G., Tarozzi G. (2009). "Einstein's Local Realism and the Realistic Interpretation of the Wave Function", in Alunni C., Castellana M., Ria D., Rossi A. (eds.) *Albert Einstein et Herman Weyl (1955-2005). Questions épistémologiques ouvertes*, *Atti del Convegno Internazionale* (Presicce, 22-23 aprile 2005). Manduria: Barbieri Selvaggi Editore, pp. 27-49.

Auletta G., Tarozzi G. (2004a). "Wave-like Correlations versus Path Detection. Another Form of Complementarity". *Foundations of Physics Letters*, 17, pp. 89-95.

Auletta G., Tarozzi G. (2004b). "On the Reality of Quantum Waves". *Foundations of Physics*, 34, pp. 1675-1694.

Bell J.S. (1964). "On Einstein Podolsky Rosen Paradox". *Physics 1*, pp. 195-200.

Bell J.S. (1966). "On the Problem of Hidden Variable in Quantum Mechanics". *Review of Modern Physics*, 38 (3), pp. 447-452.

Bohm D. (1951). *Quantum Theory*. New York: Prentice-Hall.

Calosi C., Fano V., Tarozzi G. (2011). "Quantum Ontology and Extensional Mereology". *Foundations of Physics*, 41, pp. 1740-1755.

Calosi C., Fano V., Tarozzi G. (2012). "Holism as an empirically meaningful metaphysical hypothesis". *Epistemologia*, 35, pp. 221-233.

Clauser J.F., Horne M.A. (1974). "Experimental consequences of objective local theories". *Physical Review D*, 10, pp. 526-535.

Croce B. (1920). *Logica come scienza del concetto puro*. Bari: Laterza, 4° ed.

de Baere W. (1988). "Some further comments on the Selleri-Tarozzi proof of the nonlocality of quantum mechanics". *Physics Letters A*, 131, pp. 13-21.

de Broglie L. (1927). "La structure de la matière et du rayonnement et la mécanique ondulatoire". *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 184, pp. 273-274.

de Muynck W.M., van Stekelenbor J.T.P.M (1986). "Discussion of a proof, given by Selleri and Tarozzi, of the nonlocality of quantum mechanics". *Physics Letters A*, 116, pp. 420-422.

Denkmayr T., Geppert H., Sponar S., Lemmel H., Matzkin A., Tollaksen J., Hasegawa Y. (2014). "Observation of a quantum Cheshire Cat in a matter-wave interferometer experiment". *Nature Communications*, [online] URL: <http://www.nature.com/articles/ncomms5492>.

Einstein A., Podolsky B., Rosen N. (1935). "Can Quantum-Mechanical Description of Reality Be Considered Complete?". *Physical Review* 47, pp. 777-780.

Faraci G., Gutkowski D., Notarrigo S., Pennisi A.R. (1974). "An experimental test of EPR paradox". *Lettere al Nuovo Cimento*, 9, pp. 607-611.

Faraci G., Gutkowski D., Notarrigo S., Pennisi A.R. (1974). "Angular correlation of scattered annihilation photons, to test the possibility of hidden variables in quantum theory". *Applied Physics*, 5, pp. 63-65.

Faraci G., Notarrigo S., Pennisi A.R. (1979). "Simultaneous counting of true and random events in a four-fold coincidence system using two time-to-pulse-height converters". *Nuclear Instruments and Methods* 164, pp. 157-162.

Garuccio A., Rapisarda V., Vigier J.-P. (1982). "New experimental set-up for the detection of de Broglie's waves". *Physics. Letters* A, 90, pp. 17-19.

Hardy L. (1992). "On the Existence of Empty Waves in Quantum Theory". *Physics Letters* A, 167, pp. 11-16.

Lenin V.I. (1973). *Materialismo ed empiriocriticismo*. Roma: Editori Riuniti.

Notarrigo S. (1984). "A Newtonian Separable Model Which Violates Bell's Inequality". *Nuovo Cimento*, 83B, pp. 173-187.

Notarrigo S. (1988a). *On the Physical Meaning of Bell's Inequality and the Related Experimental Tests*, in *Problems in Quantum Physics*, *Gdańsk '87: Recent and Future Experiments and Interpretations* (Gdańsk, Poland, 21-25 September 1987). Kostro L., Posiewnik A., Pykacz J., Zukowski M. (eds.). Singapore: World Scientific, pp. 693-701.

Notarrigo S. (1988b). *Determinism, Separability and Quantum Mechanics*, in Tarozzi G., van der Merwe A. (eds.), *The Nature of Quantum Paradoxes. Italian Studies in the Foundations and Philosophy of Modern Physics*. Dordrecht: Kluwer, pp. 207-214.

Pagano A. (2013). *Salvatore Notarrigo*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, *vol. 78*, Roma: Istituto della Enciclopedia italiana. [online] URL: <http://www.treccani.it/enciclopedia/salvatore-notarrigo_(Dizionario-Biografico)/> [data di accesso 10/07/2016].

Popper K.R. (1985). *Realism in Quantum Mechanics and a New Version of the EPR Experiment*, in Tarozzi G., van der Merwe A. (eds.), *Open Questions in Quantum Physics*. Dordrecht: Reidel, pp. 3-25.

Popper K.R. (2012). *La teoria dei quanti e lo scisma nella fisica.* Milano: Il Saggiatore.

Selleri F. (1969). "On the Wave Function of Quantum Mechanics". *Lettere al Nuovo Cimento*, 1, pp. 908-910.

Selleri F. (1984). *Gespensterfelder*, in Diner S., Fargue D., Lochak G., Selleri F. (eds.) *The Wave-Particle Dualism*. Dordrecht: Reidel, pp. 101-128.

Selleri F., Tarozzi G. (1978). "Is Nondistributivity for Microsystems Empirically Founded?". *Nuovo Cimento* 43B, pp. 31-40.

Selleri F., Tarozzi G. (1980). "Is Clauser and Horne's factorability a necessary requirement for a probabilistic local theory?". *Lettere al Nuovo Cimento*, 29, pp. 533-536.

Selleri F., Tarozzi G. (1981). "Quantum Mechanics, Reality and Separability". *Rivista del Nuovo Cimento*, 4 (2), pp. 1-53.

Selleri F., Tarozzi G. (1983). "A Probabilistic Generalization of the Concept of Physical Reality". *Speculations in Science and Philosophy*, 6, pp. 55-64.

Selleri F., Tarozzi G. (1986). "Why Quantum Mechanics is Incompatible with Einstein Locality". *Physics Letters A* 119, pp. 101-104.

Tarozzi G. (1979). "The Conceptual Development of the E.P.R. Argument". M*emorie dell'Accademia Nazionale di Scienze, Lettere e Arti di Modena XXI*, pp. 353-373.

Tarozzi G. (1982). "Two Proposal for Testing Physical Properties of Quantum Waves". *Lettere al Nuovo Cimento*, 35 (2), pp. 553-559.

Tarozzi G. (1984). "From Ghost to Real Waves: a Proposed Solution to the Wave-Particle Dilemma", in Diner S., Fargue D., Lochak G., Selleri F. (eds.), *The Wave-Particle Dualism*. Dordrecht: Reidel, pp. 139-148.

Tarozzi G. (1985). "Experimental Tests of the Properties of the Quantum Mechanical Wave-Function". *Lettere al Nuovo Cimento*, 42, pp. 439-442.

Tarozzi G. (1994). "On the Implications of Generalised EPR States for the Completeness and Consistency of Quantum Theory", in Accardi L. (ed.), *The Interpretation of Quantum Theory. Where Do We Stand*?, *Proceedings of New York Conference on*

The Intepretation of Quantum Mechanics. Roma: Istituto dell'Enciclopedia Italiana, pp. 257-264.

Tarozzi G. (2007). "Principi filosofici e principi della fisica. La riapertura delle controversie metafisiche nei fondamenti della meccanica quantistica", in Pera M. Tarozzi G., Fleishmann M., Del Giudice L. (a cura di), *Lezioni in onore di Giuliano Preparata*. Napoli: Bibliopolis, pp. 19-39.

Tarozzi G., van der Merwe A. (eds.) (1985). *Open Questions in Quantum Physics*. Dordrecht: Reidel.

Zou X.Y., Grayson T.P., Wang T.P., Mandel L. (1992). "Can an Empty de Broglie Pilot Wave Induce Coherence?". *Physical Review Letters*, 68, pp. 3667-3669.

The Einstein-Podolski-Rosen paradox and the Notarrigo experiment

Giuseppe Faraci - Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Catania - giuseppe.faraci@ct.infn.it

Beatus ille qui procul negotiis […]
[…] *quid enim concurritur* […]
Q. Horatius Flaccus, *Epodi, Satire*

Abstract: My contribution celebrates the enthusiastic ferment of ideas around the Einstein-Podolski-Rosen paradox, stimulated by Notarrigo during the period 1972-1980 in our Physics Department. The wide discussions on the fundamentals of Quantum Mechanics, and in particular of some of its principles, determined a strong effort for the realization of an experiment aimed to a verification of the crucial points raised by the paradox.
I will briefly summarize the theoretical debate and I will try to describe the experimental set-up conceived by the Notarrigo group, based on the detection of the polarization correlation of the two annihilation photons produced by e^+, e^- couples in singlet state, after having been scattered by two plastic scintillators and revealed by two detectors. Our preliminary results, situated along the Bell limit for the possible existence of "hidden variables", afterword confirmed more and more the validity of Quantum Mechanics.

Keywords: EPR paradox, EPR test by annihilation photon correlation.

1. Introduction

At the beginning of 1970, back from MIT (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Boston, USA), where I spent a year as a visiting scientist, Totò Notarrigo asked me to join his experimental group for investigating the foundations of Quantum Mechanics. He needed my collaboration because of my previous experience in the field of positron annihilation. In fact, my thesis work in 1965, and the experiments performed afterword in Frascati and in Frankfurt were related to annihilation photons angular correlation in metals and semiconductors observed by this technique. With great enthusiasm I accepted and participated in a seminar where Notarrigo presented the famous article of Einstein, Podolsky, Rosen (Einstein *et al.* 1935).

The seminar raised a great interest. A wide debate on quantum foundations involved many colleagues actively participating with seminars, notes, ideas, discussions. In particular, I remind the following topics:

1. The principle of superposition of states in quantum mechanics and the paradox of the Schröndiger's cat (Schrödinger 1935; Selleri 1988; Omnès 1992; Belinfante 1973);
2. The uncertainty principle and the Heisenberg relations (Schrödinger 1935; Selleri 1988; Omnès 1992; Belinfante 1973);
3. Realism and locality (Schrödinger 1935; Selleri 1988; Omnès 1992; Belinfante 1973);
4. Incompleteness of quantum theory (Schrödinger 1935; Selleri 1988; Omnès 1992; Belinfante 1973);
5. Quantum entanglement (Schrödinger 1935; Selleri 1988; Omnès 1992; Belinfante 1973);
6. Hidden variables and the von Neumann arguments (Schrödinger 1935; Selleri 1988; Omnès 1992; Belinfante 1973);
7. Bell theorem (Schrödinger 1935; Selleri 1988; Omnès 1992; Belinfante 1973);
8. Theory of the measurements according to Bohm, and the pilot wave of de Broglie. The Copenhagen interpretation (Schrödinger 1935; Selleri 1988; Omnès 1992; Belinfante 1973).

The discussions determined the agglomeration of two experimental groups; to the first participated Salvatore Notarrigo, Agata R. Pennisi, Diego Gutkowski and myself, with the aim of testing the EPR paradox by using the scattering of annihilation photons (Faraci *et al.* 1974). To the other, directed by Vittorio Rapisarda, joined Mariella Oliveri, Lorenzo Pappalardo, Filippo Falciglia and external collaborators, with the same objective but using the photons of calcium cascade (Baldo *et al.* 1981; Falciglia *et al.* 1982).

2. The Einstein paradox

The elements of physical reality are tightly dependent on the results of experiments. A satisfactory theory, according to Einstein (Einstein *et al.*1935), should be "complete" in the sense that "every element of the physical reality must have a counterpart in the physical theory". The question arises: "is quantum mechanics a complete theory?"

In quantum mechanics, if the operators corresponding to two physical quantities, e.g., the position and the momentum of a particle, do not commute, the exact determination of one of them implies that the other is completely undefined. Therefore, quantum mechanics is not a complete theory in the sense that coupled physical quantities, as described by the quantum wavefunction, cannot have simultaneous reality. These physical quantities are called "entangled" and measurements on an entangled system are the object of the Einstein *gedanken* experiment. I describe here a typical *gedanken* experiment performed on a system breaking into two correlated entangled photons, traveling in opposite directions (Aspect 1999; Aspect *et al.* 1982). This is the case of a laser excitation of an atomic radiative cascade.

Let us suppose that the photons are orthogonally polarized. If, traveling in opposite directions, their polarizations are detected when they are so far apart that no signal can establish a mutual communication between them, the detection along an arbitrary direction of a polarization implies the exact knowledge of the other. This is not acceptable, because the measurement of a polarization along a direction causes quantum reduction, its result is given by a probability distribution related to the detection direction, and the two photons cannot "communicate" with each other without violating the relativity principles. Therefore, how can the second photon give the correct answer for its polarization measurement whatever is the result of the first one?

These problems were strongly debated from a pure and theoretical point of view between the followers of Einstein and those of the Copenhagen statistical interpretation till the publication of a famous paper by John Bell (Bell 1964), dramatically modyfing the nature of the debate. Bell demonstrated in fact that an algebraic inequality can be written, contradicted by quantum mechanical predictions in an experimental test involving polarizer orientations of an entangled system.

3. Bell's inequality

The argument given by J.S. Bell in 1964 is the following (Bell 1964): if we consider a system in the singlet state decomposing in a pair of spin one-half, moving in opposite directions, we can measure a component of the spin along an arbitrary direction. When such measurement is performed on the spin σ_1 along a direction $\vec{\boldsymbol{a}}$ giving a value +1, the similar measurement of σ_2 along $\vec{\boldsymbol{a}}$ must yield –1 according to quantum mechanics. If the two measurements are simultaneously performed at distant places, no signal can permit any communication between the two detecting apparata, without violating the relativity principle. Being the two spins correlated, we can predict in advance the result of measuring σ_2, if we have determined the same component of σ_1. This implies a predetermination of such result, not contemplated by quantum mechanics.

Bell argued that a more complete specification of quantum states by means of "hidden variables λ" should be hypothesized. Bell demonstrates that, if now the result A of measuring $\vec{\sigma}_1 \times \vec{\boldsymbol{a}}$ is determined by $\vec{\boldsymbol{a}}$ and λ, and similarly B the measurement of $\vec{\sigma}_2 \times \vec{\boldsymbol{b}}$ is determined by $\vec{\boldsymbol{b}}$ and λ, the expectation value of the product of the two components:

$$< \vec{\sigma}_1 \times \vec{\boldsymbol{a}} \quad \vec{\sigma}_2 \times \vec{\boldsymbol{b}} > \text{ is given by}$$

$$P(\vec{\boldsymbol{a}}, \vec{\boldsymbol{b}}) = \int \rho(\lambda)\ A(\vec{\boldsymbol{a}}, \lambda)\ B(\vec{\boldsymbol{b}}, \lambda)\, d\lambda$$

where $\rho(\lambda)$ is the normalized probability distribution of the hidden variables λ.

This result, however, is not entirely compatible with the quantum mechanical value $-\vec{\boldsymbol{a}} \times \vec{\boldsymbol{b}}$. In fact Bell demonstrates a famous inequality:

$$|P(\vec{\boldsymbol{a}}, \vec{\boldsymbol{b}}) - P(\vec{\boldsymbol{a}}, \vec{\boldsymbol{c}})| \leq P(\vec{\boldsymbol{b}}, \vec{\boldsymbol{c}}) + 1$$

which is violated by quantum mechanics (Aspect *et al.* 1982; Bell 1964).

Several experiments were conceived for testing the QM predictions, comparing Bell's expressions derived from a possible introduction of hidden variables. In particular, I recall the Holt and Pipkin experiment (Clauser, Horne 1974), and the Clauser, Horne, Shimony and Holt proposal (Clauser *et al.*1969) etc.

Most of them aimed to determine the two photon polarization correlation in entangled systems, under "ideal conditions" using polarization analyzers such as Nicol prisms and similar. The question was whether for such experiments involving two-photon polarization correlation quantum theory can contradict any hidden variables theory.

The photon polarization correlation can be measured through coincidence rates at a given angle of polarizer #1, with respect to the angle of polarizer #2.

Denoting $P_{x,y}(\vec{a},\vec{b})$ the probability of obtaining a result x = +1, along $\vec{a}$ for the photon #1 (when a measurement along $\vec{a}$ yields the value +1, i.e., polarization parallel to $\vec{a}$), or x = –1 (polarization orthogonal to $\vec{a}$), and similarly for y = ±1 for photon #2 along $\vec{b}$, the quantity to be calculated is (Aspect *et al.* 1982):

$$\Delta(\vec{a},\vec{b}) = P_{++}(\vec{a},\vec{b}) + P_{--}(\vec{a},\vec{b}) - P_{+-}(\vec{a},\vec{b}) - P_{-+}(\vec{a},\vec{b}).$$

A combination for different orientation a, a′, b, b′, can be built such as:

$$S = \Delta(\vec{a},\vec{b}) - \Delta(\vec{a},\vec{b}') + \Delta(\vec{a}',\vec{b}) + \Delta(\vec{a}',\vec{b}').$$

For the previous expression Bell's inequalities give: $-2 \leq S \leq +2$, whereas QM for an appropriate set of angles (22.5°, 67.5°) can reach a value $S = \pm 2\sqrt{2}$ (Fig. 1).

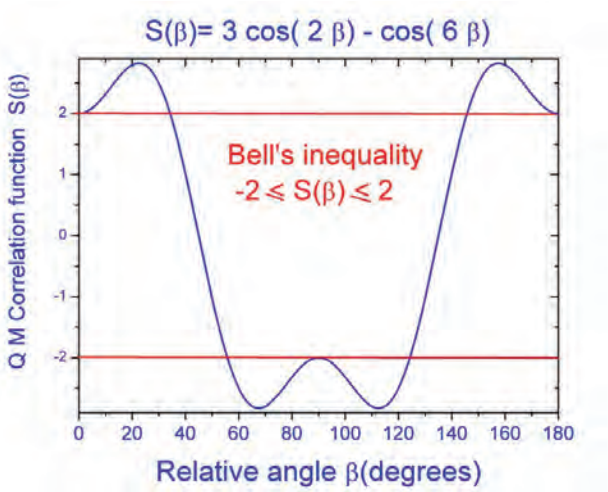


Fig. 1. Correlation function S(β) as a function of the relative angle. As clearly visible, quantum mechanical predictions for several angular values are larger than Bell's data

The experimental results as soon as the accuracy of the measurements was good enough completely agreed with quantum mechanics.

4. The annihilation photons

A couple electron-positron (e^-, e^+) in the singlet state annihilate into two photons of 0.511 MeV, moving in opposite directions. The polarizations of the photons are correlated in orthogonal directions, and therefore could be used for testing the Bell inequality, as discussed above. However, the detection of the polarization for such high energy photons cannot be performed with an ideal polarizer, as Nicol prism, but requires an indirect analysis using the Klein-Nishina formula of the scattering cross section:

$$W(\theta_1,\theta_2,\varphi) \propto K_1^2 K_2^2 \int \{\gamma_1\gamma_2 - \gamma_1 sin^2\theta_2 - \gamma_2 sin^2\theta_1 + 2sin^2\theta_1 sin^2\theta_2[(2k-1)sin^2\varphi + (1-k)]\} \quad (1)$$

where K_1, and K_2, are the outgoing photon (#1, #2) wavenumbers, K_0 is the ingoing photon wavenumber, $\gamma_{1,2} = K_{1,2}/K_0$; θ_1, θ are the scattering angles, φ is the azimuthal angle (see Fig. 2) and k a correlation parameter related to the probability of observing the photon pair with orthogonal linear polarization (Faraci *et al.* 1974).

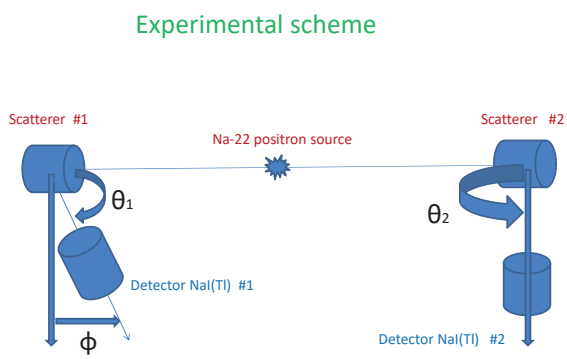


Fig. 2. Experimental set up showing the positron source, the two scatterers and the two detectors, producing the 4 signals put in coincidence

5. Experimental set-up

An experimental set-up was planned in 1972 by the Notarrigo's group (Fig. 3) according to the scheme shown in Fig. 2.

In a plexiglass annihilator material a positron radioactive source of ^{22}Na was put, in order to obtain two-photon emission traveling in opposite directions defined by means

of lead radiation collimators. Two plastic scintillators (NE 202) act as scatterers of each 0.511 MeV photon, which after the scattering can be detected at a defined angle θ by a NaI(Tl) detector. Fixing the scattering angles θ_1, θ_2 and the azimuthal angle φ, the 4 signals from the two scatterers and the two detectors are put in quadruple coincidence with a 30 ns resolving time, giving the coincidence counting rate $N(\theta_1, \theta_2, \varphi)$. This rate can be related to the correlation function (1). The ratio $N(\theta, \theta, \varphi)/N(\theta, \theta, 0°)$ expresses the anisotropy as a function of the azimuthal angle, for fixed scattering angle.

Fig. 3. G. Faraci (left) with Salvatore Notarrigo under the volcano Fujiama, during the Yamanaka conference in April, 1979

The experiment required a great effort for the determination of several corrections which are here mentioned only schematically (Faraci *et al.* 1979; Faraci *et al.* 1980; Faraci 1982; Faraci, Pennisi 1985; Faraci, Pennisi 1986):

a. the geometrical distribution of the radioactive source, the emission cones of the photons and the shielding collimators;
b. the scattering effective points inside the scatterers. This problem was solved by a specific subroutine concerning "random numbers";
c. the cross section for Compton or photoelectric events in each detector,
d. the correction for borderline events;
e. the events sequence, requiring a Fibonacci-like series;
f. the correction for dead-time width of each electronic signal;
g. the dead-time distorted Poisson process;
h. the quadruple coincidence and the acquisition system for optimize the counting rate with respect to the spurious counts.

All the problems encountered were studied, checked and inserted in a very complicated Monte Carlo program simulating the experimental situation, in order to correct the acquired data.

Our preliminary results were published in 1974 (Faraci *et al*. 1974), giving an anisotropy ratio just on the Bell's limit.

The final results were presented at the Yamanaka meeting held in Japan in 1979. As the corrections introduced by the Monte Carlo program were more and more accurate, the experimental results were completely confirming the quantum previsions.

Bibliography

Aspect A. (1999). "Bell's inequality test. More ideal than ever". *Nature*, 398, pp. 189-190.

Aspect A., Grangier P., Roger G. (1982). "Experimental realization of Einstein-Podolski-Rosen-Bohm gedankenexperiment. A new violation of Bell's inequalities". *Physical Review Letters*, 49 (2), pp. 91-94.

Baldo M., Falciglia F., Oliveri M.E., Rapisarda A. (1981). "Optical-system effects in two-photon polarization correlation experiments". *Il Nuovo Cimento B*, 63 (2), pp. 679-695.

Belinfante F.J. (1973). *A survey of hidden-variables theories*. New York: Pergamon Press.

Bell J.S. (1964). "On the Einstein, Podolski, Rosen paradox". *Physics*, 1 (3), pp. 195-200.

Clauser J.F., Horne M.A. (1974). "Experimental consequences of objective local theories". *Physical Review D*, 10, pp. 526-535.

Clauser J.F., Horne M.A., Shimony A., Holt R.A., (1969). "Proposed Experiment to Test Local Hidden-Variable Theories". *Physical Review Letters*, 23 (15), pp. 880-884. "Erratum" (1970), *Physical Review Letters* 24 (10), p. 549.

Einstein A., Podolsky B., Rosen N. (1935). "Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?". *Physical Review*, 47, pp. 777-780.

Falciglia F., Garuccio A., Pappalardo L. (1982). "Rapisarda's experiment. On the four-coincidence experiment FOCA-2, a test for non-locality propagation". *Lettere al Nuovo Cimento*, 34 (1), pp. 1-4.

Faraci G. (1982). "Time spectra of correlated pulses with dead-time-distorted Poisson behaviour". *Il Nuovo Cimento B*, 67 (1), pp. 11-20.

Faraci G., Gutkowski D., Notarrigo S., Pennisi A.R. (1974). "An experimental test of EPR paradox". *Lettere al Nuovo Cimento*, 9 (15), pp. 607-611.

Faraci G., Notarrigo S., Pennisi A.R. (1979). "Dead time corrections in coincidence measurements by time-to-pulse-height converters or standard coincidence systems". *Nuclear Instruments and Methods*, 165 (2), pp. 325-332.

Faraci G., Notarrigo S., Pennisi A.R. (1980). "Comparison of theoretical and experimental spectra in a time-to-pulse-height converter". *Nuclear Instruments and Methods*, 174 (1-2), pp. 253-256.

Faraci G., Pennisi A.R. (1985). "New experimental method to investigate the renewal epochs in non-Markov processes". *Journal of Applied Physics*, 57 (11), pp. 5081-5083.

Faraci G., Pennisi A.R. (1986). "Superimposed renewal processes. A new method of superimposing a Poisson distribution with periodic pulses". *Physical Review A*, 33 (1), pp. 583-588.

Omnès R. (1992). "Consistent interpretations of quantum mechanics". *Review of Modern Physics*, 64 (2), pp. 339-382.

Schröndiger E. (1935). “Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanick”. *Naturwissenschaften*, 23, pp. 807-812, pp. 823-828, pp. 844-849.

Selleri F. (ed.) (1988). *Quantum Mechanics Versus Local Realism. The Einstein-Podolsky-Rosen Paradox*. New York: Plenum Press.

Salvatore Notarrigo
Dalla meccanica quantistica alla scoperta dei Presocratici

Giuseppe Boscarino - Associazione culturale "Salvatore Notarrigo, La Scuola italica" - gpp.bos@libero.it

Abstract: Notarrigo was not only an able scientist but also an original thinker. Far from publicizing the successes of science, he wanted to bring the reader to discover not only the extraordinary rational power of science and its geniuses but also its contradictions, limits, ideological mystifications and hard philosophical fighting behind apparently neutral formalism, as well as the broader economic and social clashes which, in the last instance, mark the most significant moments in the evolution of science.
This, I believe, was the background which made him accept becoming a contributor to the journals *Laboratorio. Scienze, lettere, arti* and *Mondotre* and start concentrating on the history of science.
His historical studies convinced him that, in the last instance, the history of thought, even in its highest forms like science, was nothing but a growth or decline of languages and of their formalisations, within and behind which the great battles of philosophy are fought in the course of history, including those within the two great twentieth-century physical theories.
With this convictions, Notarrigo chose to focus on ancient Greece between the 6th and the 3rd centuries BC, a period in which language gradually evolved from common to scientific form, with Archimedes assumed to be the highest point, as opposed to Aristotle's unscientific language. In this battle, he assumed, the rigorous scientific language constructed in centuries of philosophical and epistemological speculation by the ancient *Italic school* of Pythagoras, Parmenides, Democritus and Archimedes was destroyed. In this framework, which we briefly reconstruct, Notarrigo reconsidered the problem of the foundations of science, including the conflicts within the two great modern theories and in particular those within quantum mechanics and between its creators.

Keywords: Traditions of thought, Italic school, Ionic school.

1. Da questioni quantistiche a questioni storiche

Nel 1981, amici e colleghi di liceo, diamo vita ad una rivista denominata *Laboratorio: scienze, lettere, arti*, per affermare una nostra presenza sul piano culturale. L'interesse predominante è quello letterario, ma il mio è invece orientato a quello filosofico, in particolare a quello filosofico-scientifico ed epistemologico, non trascurando il problema del rinnovamento dell'asse culturale entro il quale si è costruito l'insegnamento liceale, che

è stato storicamente quello retorico-letterario ed idealistico, ovvero di sottovalutazione della cultura scientifica e dei suoi valori culturali ed educativi.

Grazie alla conoscenza, in un convegno, di Giuseppe Lombardo Radice, noto matematico del tempo, uomo impegnato nel rinnovamento della nostra cultura nazionale e nella diffusione della conoscenza scientifica, nel senso prima detto, con il quale contraggo una sincera amicizia, ottengo da lui una sua collaborazione con un suo articolo su Archimede alla nostra rivista.

Grazie all'aiuto di qualche amico, cercando di allargare la collaborazione alla rivista secondo il mio progetto ad altre persone di formazione scientifica, mi si offre la possibilità di incontrare un fisico, mi si dice, impegnato nella ricerca, ma anche appassionato di divulgazione scientifica. È il prof. Notarrigo, docente di fisica superiore, uomo in quel momento provato dalla sofferenza per la perdita della madre, ma che si dimostra subito, non guardando a ruoli e carriere accademiche né a situazioni familiari, entusiasta del mio progetto, offrendomi una assoluta disponibilità non solo nel campo della divulgazione, ma anche del confronto e della ricerca comune su problematiche, oltre quelle strettamente scientifiche che allora lo impegnavano e lo appassionavano, quali la questione dei fondamenti delle teorie scientifiche, con le loro implicazioni filosofiche ed epistemologiche.

Ed è su questi aspetti che scrive un articolo per la rivista insieme a Lombardo Radice e al sottoscritto. Da quell'articolo emerge lo scienziato, che Notarrigo è sempre stato, il quale, lungi dal propagandare i successi e i poteri della scienza per accrescere il suo prestigio accademico e sociale, porta invece il lettore non solo a scoprire la straordinaria potenza razionale della scienza, delle sue teorie, dei suoi geni, ma a scoprirne contraddizioni, limiti, difficoltà, mistificazioni ideologiche, duri scontri ideologico-filosofici dietro apparenti neutrali formalismi, ma anche più ampi scontri economico-sociali, che poi in un istanza scandiscono i momenti più significativi dell'evoluzione della scienza, ossia le sue rivoluzioni.

Entro questa griglia di valutazioni e riflessioni Notarrigo scrive il suo articolo per la rivista: *Un enigma all'interno della meccanica quantistica. Una questione di fisica o di metafisica*? (Notarrigo 1982).

Notarrigo riconosce gli enormi successi che le due teorie classiche, la teoria dei sistemi dei punti materiali e l'altra del campo elettromagnetico, hanno avuto sino a fine Ottocento, ma mette in evidenza le difficoltà che esse incontrano nella spiegazione dei nuovi fenomeni fisici atomici, che vanno emergendo nella ricerca.

Riconosce la potenza esplicativa e predittiva dei nuovi formalismi che si vanno elaborando, anche se poi, al di là delle differenze, se ne dimostra la loro equivalenza formale.

Richiama l'ardita assiomatizzazione della meccanica quantistica di von Neumann degli anni Trenta. Ma nello stesso tempo mette in guardia il lettore che dietro lo scontro tra i vari formalismi e l'apparente rigore assiomatico della nuova teoria si nascondono preferenze per metafisiche diverse, insomma un forte scontro ideologico, che poi non è nuovo nella storia del pensiero. La realtà è un qualcosa di continuo o di discreto, consta di campi o di particelle?

Nell'equazione d'onda di Schrödinger si lascia intravedere che una qualche realtà oggettiva indipendente dall'osservatore possa esistere ma, come sostiene Notarrigo, «nell'approccio delle matrici di Heisenberg, si prendeva la posizione che la sola realtà di interesse fisico era costituita dai risultati di possibili misure» (Notarrigo 1982, p. 22).

Anche qui sembra risorgere un'antica contrapposizione, come quella tra Epicuro e Democrito, circa la vera grandezza del sole: la realtà vera è quella apparente o quella che sta oltre le apparenze e che può essere colta con la ragione e il linguaggio matematico?

Quanto non convince Notarrigo nella nuova struttura astratta e formale della nuova assiomatica della meccanica quantistica è il fatto che in essa

> è scomparso qualunque riferimento a punti materiali o a campi, come si aveva nella fisica classica, ma il riferimento è solo a osservatori o misure. Il sistema fisico e il suo stato sono definiti solo da esse. L'osservatore che in fisica relativistica aveva fatto la sua timida apparizione si insedia in fisica stabilmente, con conseguenze strabilianti (Notarrigo 1982, p. 24).

Porta come esempio il paradosso del gatto.

Insomma, dietro rigorose formalizzazioni e sofisticati esperimenti che sembrano convalidare la nuova teoria, riappare con forza il vecchio paradigma empiristico *esse est percipi*, con la cosiddetta interpretazione di Copenhagen**.** Il nuovo fenomenismo sino al *soggettivismo*, o addirittura al *solipsismo*, per cui la coscienza del singolo osservatore sembra decidere come possa e debba evolvere la realtà, cozzano con quanto di profondo abbia maturato la fisica classica, a suo parere.

La conclusione di Notarrigo è la seguente: certamente «La questione fisica (o enigma quantistico) sarà col tempo risolta con esperimenti e discussioni logico-matematici» (Notarrigo 1982, p. 29).

L'altra parte dell'enigma quantistico non verrà risolta con gli stessi strumenti, logico-formali e sperimentali, né l'una esigenza, quella "empiristica", può fare scomparire l'altra, la "realistica", senza cadere nel più deteriore soggettivismo o fenomenismo, che Notarrigo individuerà nella fisica-filosofia aristotelica, né l'altra, quella "razionalistica", può fare scomparire quella fisica, che fa riferimento a "grandezze" e non solo a misure e a "esperimenti", senza cadere in un deteriore "matematismo" o "formalismo", o peggio "idealismo", che individuerà poi nella filosofia platonica.

Grazie alla nuova rivista che mettiamo in campo, *Mondotre*, negli anni successivi la ricerca di Notarrigo con un gruppo di amici, quale A. Pagano e il sottoscritto, si orienta nel campo della storia della fisica, della filosofia, dell'epistemologia, della logica, della matematica, e ancora della teoria economica e della questione ambientale, che, apprendo, affronta con il prof. Amata, e che troverà anche un suo spazio nella nuova rivista.

Notarrigo è stato da sempre animato dai più vasti interessi culturali, dalla scienza, alla filosofia fino all'arte, e dalla voglia di affrontare le questioni, anche le più complesse sul piano speculativo, che gli si presentavano o gli venivano presentate –

penso alla querelle storica degli *indivisibili* in fisica-matematica – oltre che da una grande passione civile.

Notarrigo non era solo lo scienziato dedito a ricerche di fisica nucleare; insieme al sottoscritto ha dato spazio nella rivista a posizioni di scienziati contro il disarmo nucleare, molto dibattuto nei primi anni Ottanta.

La nuova rivista riceve anche una sua notorietà, grazie alla segnalazione che la SILFS (Società Italiana di Logica e Filosofia delle Scienze) ne fa nella sua *Newsletter*, grazie a posizioni aperte, non meschinamente accademiche, del suo gruppo direttivo.

La ricerca pluridirezionale storica ci porta a conoscere Peano e la sua scuola, a cui dedichiamo un numero della rivista, con un articolo di Notarrigo dal titolo: *Il linguaggio scientifico dei presocratici analizzato con l'ideografia di Peano* (Notarrigo 1989).

Nello stesso anno, invitato ad un Convegno su Archimede, presenta un suo articolo dal titolo *Archimede e la fisica* (Notarrigo 1992).

Notarrigo ha maturato attraverso i suoi nuovi studi storici la convinzione che poi, in ultima istanza, la storia del pensiero e delle sue forme più sofisticate e più alte di conoscenza, quale è stata la scienza, non è stato altro che una crescita o un arretramento di linguaggi e di loro formalizzazioni, dentro i quali e dietro i quali si sono consumate le grandi battaglie metafisiche e filosofiche nella storia, non ultima quella che si sta conducendo dentro le due grandi teorie fisiche del Novecento.

2. *Scuola italica* e *Scuola ionica*

Con questa convinzione, Notarrigo si impegna a studiare un momento storico in cui si è svolto un progressivo evolversi dal linguaggio comune al linguaggio scientifico, individuato nell'antica Grecia, dal VI al III sec. a.C., un'epoca in cui Archimede rappresenta il punto più alto, a cui si è contrapposto un linguaggio antiscientifico rappresentato da Aristotele, vero punto di catastrofe dell'altro linguaggio faticosamente costruito, ma risultato poi perdente nel lungo periodo del Medioevo, rivoluzionato a sua volta da Galilei e Newton, che a quell'antico linguaggio scientifico si rivolgono.

Notarrigo pertanto rigetta l'ottimistica teoria di un progressivo e lineare sviluppo della scienza come la teoria dei geni che dal nulla creano teorie scientifiche, quali quelle di Archimede.

Se Archimede cita come unici precursori, nel suo geniale calcolo meccanico Eudosso e Democrito, mentre di quest'ultimo Platone vuole bruciare le opere e, non potendolo perché impedito, non lo cita mai, e se di Democrito è scomparsa l'immensa produzione, mentre quasi tutta l'opera platonica si è conservata (assieme a una parte consistente dell'opera aristotelica), ciò significa che storicamente si è combattuta una dura battaglia filosofico-epistemologica.

Entro questa battaglia si è distrutto quel rigoroso e geniale linguaggio scientifico costruito in secoli di speculazione filosofico-epistemologica, rappresentata a suo dire dalla *Scuola italica*, denominazione da lui assunta, secondo una sua interpretazione, dal dossografo Diogene Laerzio, per cui ad un certo punto, perdutesi le tracce di questa, Archimede appare un genio.

Nel ripercorrere e ricostruire questo percorso Notarrigo si affida soprattutto agli strumenti della logica, e soprattutto della logica di Peano.

Alla *Scuola italica*, rappresentata da Pitagora, Archita, Filolao, Parmenide, Eudosso e quindi Democrito, il precursore e l'ispiratore di Archimede, si è contrapposta la *Scuola ionica*, i cui massimi rappresentanti sono stati Platone ed Aristotele. Lo scontro si è svolto sul concetto di "realtà", come nelle moderne teorie fisiche, e sul concetto di conoscenza scientifica, con un suo appropriato concetto di linguaggio scientifico, di logica, di matematica e naturalmente di fisica.

Già i Presocratici, ma soprattutto quelli della *Scuola italica*, a cui Archimede si rifarà, hanno capito che la scienza non parte dai "fatti empirici", ma dalle "proprietà" o dai "concetti", come si può altrimenti dire. Scrive pertanto Notarrigo:

> La conoscenza scientifica, in quanto riconosce la realtà solo in quanto nostra ricostruzione razionale, riconosce come suoi individui solo quelli definiti dalle sole proprietà che essa assume. […] Le leve e i galleggianti di Archimede non sono gli oggetti del mondo sensibile di Aristotele, né sono gli oggetti del mondo iperuraneo di Platone, ma sono solo il risultato dell'idealizzazione che noi compiamo, a partire dal caos delle sensazioni, per creare gli oggetti realmente esistenti, solo per il fatto che noi possiamo ragionare su di essi. […] Per Archimede non ci sono assiomi autoevidenti, veri in se stessi, come crede Aristotele, a partire da cui si costruisce la dimostrazione scientifica, ma solo assiomi più semplici da cui partiamo per dimostrare proposizioni più complesse (Notarrigo 1992, p. 387, p. 388, p. 391).

Nell'ultimo anno della sua vita ritorna, non senza averla mai abbandonata, nel corso degli anni, alla questione dei fondamenti della meccanica quantistica, scrivendo un saggio intitolato *Matematica, fisica e filosofia nella meccanica quantistica* (Notarrigo 1997), in un volumetto, che pubblichiamo a nostre spese e in cui compare anche un mio saggio, intitolato, su suo suggerimento, *La meccanica quantistica: scienza o filosofia?* (Boscarino, Notarrigo 1997).

Notarrigo oramai ha maturato un'altra sua profonda convinzione, a partire da cui va costruita una teoria fisica, come essa va interpretata e valutata nelle sue strutture e nel suo divenire, per cui può ritornare a riflettere sulle questioni aperte dalla meccanica quantistica e su come uscirne.

In sintonia con il linguaggio dei Presocratici della *Scuola italica*, Notarrigo enuncia i principi filosofico-epistemologici, che non possono essere se non di assoluto rigore logico-linguistico, i quali debbono stare alla base di un sapere che vuol costituirsi a "scienza", quali quello di "essere", di memoria parmenidea, di "estensione e impenetrabilità" di memoria democritea e di "materia", di memoria newtoniana, in accordo al "principio pitagorico dei contrari".

A questo punto Notarrigo, a proposito di fisica classica e di fisica quantistica, tira una forte conclusione di tipo logico-epistemologico e linguistico:

> Se si vuol costruire scienza, bisogna rispettare la regola logico-linguistica, per cui non è possibile che qualcosa sia nello stesso tempo "onda e corpuscolo", dal momento che per le definizioni formali di onda e di particella, che si danno in

> "fisica classica", ma che "non" si danno in "fisica quantistica" (facendo appello solo alle impressioni sensoriali che abbiamo ricevuto nel guardare le onde del mare e una pietra che cade) l'intersezione delle due classi è vuota, ovvero è il "nulla" (Notarrigo 1997, p. 38).

Dopo queste sue riflessioni e altre di carattere fisico-filosofico, Notarrigo, ritenendosi in accordo con Newton, enuncia alcune riflessioni epistemologiche: «Per Newton i dati empirici non possono servire per fondare la scienza, ma sono, tuttavia, indispensabili per verificare (o secondo Popper per falsificare) le affermazioni teoriche razionali» (Notarrigo 1997, p. 44).

Alla luce di questo suo paradigma interpretativo storico-filosofico-epistemologico legge quindi la storia della fisica.

Un accanito avversario della filosofia positivistica sottostante alla meccanica quantistica è stato Einstein, con il famoso paradosso EPR.

A tal proposito Notarrigo mette a confronto le due concezioni avverse, quella di Bohr e quella di Einstein, che egli mette in relazione inoltre con quella di Newton, che altro non è, a suo parere, se non quella dell'antica *Scuola italica*, evidenziandone nello stesso tempo le relative debolezze. Se non convincente gli sembra l'alternativa "realistica" di Einstein, altrettanto, e ancor meno gli sembra quella "empiristica" di Bohr che

> pretende di fondare la teoria direttamente sul risultato degli esperimenti che possono solo descriversi con linguaggio "classico". Ma il suo uso dell'aggettivo "classico" si riferisce solo al linguaggio comune con il quale descriviamo la situazione sperimentale e non certamente alla meccanica "razionale" dei classici (Notarrigo 1997, p. 69).

Negando valore di verificabilità empirica alla famosa diseguaglianza di Bell, e non potendo così proibire che sia possibile una teoria sottostante che sia "completa" nel senso di Einstein, e che potrebbe essere benissimo la meccanica di Newton, così conclude Notarrigo: «La meccanica quantistica non è una nuova teoria fisica ma semplicemente una nuova filosofia della fisica» (Notarrigo 1997, p. 78).

Lo testimoniano in tal senso forti ed esplicite affermazioni di Heisenberg, uno dei padri fondatori della meccanica quantistica, che lui cita, secondo il quale il concetto di *dynamis* di Aristotele sta a fondamento della nuova fisica quantistica.

Ritornando alla sua teoria dell'evoluzione di linguaggi, e rifacendosi alla teoria dei sistemi complessi, per Notarrigo siamo dal punto di vista storico-scientifico in un ramo evolutivo con punti di diramazioni diverse, alcune catastrofiche. Solo un evento esterno di natura socio-economica può decidere quale ramo sarà imboccato. Notarrigo, in tempi avversi, caratterizzati da tanta piattezza ideologica ed opportunismo culturale, è rimasto un convinto e coerente pensatore, pur restando un appassionato scienziato, uomo di cultura, aperto, insigne maestro di scienza e di pensiero, di cui vogliamo conservare, attraverso l'Associazione culturale "Salvatore Notarrigo, La Scuola italica", a lui intestata, la memoria, e del quale vogliamo trasmettere il pensiero, originale, profondo, vasto e complesso, perché le future generazioni meglio di noi possano comprenderlo e svilupparlo.

Bibliografia

Boscarino G., Notarrigo S. (1997). *La meccanica quantistica. Scienza o filosofia?* Sortino, Siracusa: Edizioni Cooperativa Laboratorio.

Notarrigo S. (1982). "Un enigma all'interno della meccanica quantistica. Una questione di fisica o di metafisica?". *Laboratorio. Scienze, lettere, arti*, 6, pp. 15-32.

Notarrigo S. (1989). "Il linguaggio scientifico dei presocratici analizzato con l'ideografia di Peano". *Mondotre*, 4-5, pp. 35-105.

Notarrigo S. (1992). *Archimede e la fisica*, in Dollo C. (a cura di), *Archimede. Mito, tradizione, scienza. Atti del Convegno* (Siracusa-Catania, 9-12 Ottobre 1989). Firenze: Olschki, pp. 381-394.

Notarrigo S. (1997). *Matematica, fisica e filosofia nella meccanica quantistica,* in Boscarino G., Notarrigo S. (1997), pp. 33-79.

SCIENCE IN ANTIQUITY

Archimedes between tradition and innovation

Giuseppe Gentile - ITT-LSSA “Nicolò Copernico”, Barcellona Pozzo di Gotto - pippogentile@gmail.com
Renato Migliorato - Dipartimento di Matematica e Informatica, Università di Messina - renato.migliorato@unime.it

Abstract: This paper contributes to the critical analysis of ancient scientific thought, specifically that of Archimedes. Continuing with the interpretative position adopted in previous work, we analyse excerpts from *De Planorum Aequilibriis* and *De Corporibus Fluitantibus*. The Archimedean concept of κέντρα των βαρέων is compared to the existing suspension point of a balance. The metaphorical nature of scientific terms used by Archimedes is confirmed in other excerpts and we outline how, from this perspective, Archimedes appears as a brilliant innovator working inside a pre-existing paradigm. A paradigm that in the following centuries would essentially be abandoned.

Keywords: History of science, Hellenistic science, Archimedes.

Introduction

Since the second half of the 19th century numerous critical analyses have contributed to a progressive reorientation in the interpretation of Hellenistic science and in particular regarding the figure of Archimedes.

The concept of *Hellenism* introduced by Johann Gustav Droysen (Droysen 1836) had already highlighted the peculiarity of Alexandrian culture with respect to Ancient Greece in general. This, however, was largely ignored in the history of science until well after the second half of the last century, and Hellenistic science continued to be read in function of the two great philosophical systems of the 4th century: Platonism and Aristotelianism.

Plato’s influence on Greek mathematics was questioned by Otto Neugebauer (Neugebauer 1969) and, later on, by Knorr who, taking a much more radical position, interpreted the entire production of Greek scientific thought as the practice of problem solving (Knorr 1978). This, he claims, would have been carried out with little consideration of underlying philosophical issues. Sebetai Unguru (1975; 1979) criticizes the ahistorical conception of mathematics which sees mathematics as a given objective discipline and therefore independent of language, while arguing instead for the need to recuperate its historical collocation. He observed how ancient texts were presented using modern algebraic language under the presumption that the content

would remain unaltered. To address this issue Unguru, followed by Raviel Netz (2004a) and others, suggested the literal translation of ancient texts. It should be noted, however, that a purely literal rendition of a text is not in itself enough to recover its historical collocation, nor does it address in any way the interpretative issues.

For example Frajese's translation is openly presented as a literal translation, however, leaving aside any eventual philological questions, in the accompanying notes many traditional prejudices are re-proposed. Among these, in particular, is Archimedes' presumed adhesion to Platonistic concepts.

Lucio Russo's (1997) reading, on the other hand, while radically breaking from tradition, perhaps oversimplifies the real historical process and offers a static and deterministic view of science which is still over attached to the positivist vision. Basing his analysis on a net demarcation of what he considers to be *science*, Russo concludes that it was the result of a rapid revolution that took place at the beginning of the 3rd Century BC and rapidly disappeared with the rise of Roman culture.

We have examined and tried to clarify other aspects of this question in previous papers (Migliorato, Gentile 2005; Gentile, Migliorato 2008; Migliorato 2005; Migliorato 2013a; Migliorato 2013b). Above all, however, it is about embracing the view of science as a process that develops over time, and as such, it is produced by collectively organized activities which interact within the whole socio-political and cultural context.

In other words, the definition of that which can legitimately be called scientific is not merely a question of demarcation, rather it is the search for a connecting thread winding through history, that allows us to collocate cultural phenomena, even those of different eras, into similar categories.

Archimedes, from this point of view, cannot have failed to understand that he himself was operating within a tradition, or scientific paradigm. In the 3rd century BC this appeared to be solid and deduced from the Euclidian texts, the only notable mathematical texts prior to Archimedes to have survived up to the present. This is why in our previous work the term *Euclidian paradigm* is used in this context.

It is significant that researchers in other fields have hypothesized a tradition of thought passing from Pythagoras to Democritus to Eudoxus up to Archimedes rather than to Plato and Aristotle.

However, we believe we can demonstrate with sufficient clarity how, starting in the 1st century BC that tradition, the previously termed scientific Euclidian paradigm, was subjected to a progressive obfuscation eventually becoming illegible while, at the same time, there was a corresponding increase in Aristotelian thought and the neo-Platonic school flourished.[1] This is the starting point of the interpretative tradition which did not cease even when the recovery and progressive evolution of scientific paradigms had started.

[1] In Migliorato (2013a; 2013b) we show how the difficulty of reading a scientific text is determined by the same technical language in which the text itself is expressed. It is a language that is generally passed on directly from the master to the disciple. If this relationship is interrupted even for only a few generations it can quickly become incomprehensible or its meaning may alter. The dramatic events that besieged the Hellenist world, and not only in relation to Roman expansionism, could explain such a process.

2. Archimedes and his time

In the following pages we wish to examine more closely and contribute further analysis to previously mentioned research.[2] An essential analysis, we believe, given the decidedly divergent range of opinions that continues to exist.[3] On the one hand, supporters of the Knorr school consider the question to be out-dated, while others continue to see an inclination towards Platonism in Archimedes or at least they distance him radically from scholars of his time. On this last point Raviel Netz exemplifies:

> In most of Archimedes' letters there is a faint note of exasperation: there was no one to write to, no reader good enough. (There would be, in time: Archimedes would eventually be read by Omar Khayyam, Leonardo da Vinci, Galileo and Newton: these were Archimedes' real readers and the ones through whom he made his real impact. He must have known that he was writing for posterity) (Netz, Nöel 2007, p. 40).

The reasons leading Netz to this conclusion were discussed in a previous paper (Migliorato 2013b).[4] We will limit ourselves here to observing how Archimedes developed, in reality, all his work inside a technical-conceptual apparatus that was largely pre-existing and shared even when new and more advanced prospects were on the horizon. His careful attention to sharing, as we will see, is constant and there is no hint of the "mystic visionary". This aspect would be more evident had his pronouncements been made outside the shared language. The reflections of the neo-Platonic Proclus are of a different nature as highlighted in the following brief example:

> It is evident to everyone that the equilateral is the most beautiful of triangles and most akin to the circle, which has all its lines from the centre equal and a simple single line bounding it from without. And the enclosing of the triangle by the two circles, by each of them indeed only in part – for it is inscribed in the whole of neither circle but only in the area consisting of segments of both – seems to indicate in a likeness how the things that proceed from first principles receive perfection […]. And if, furthermore, every soul proceeds from Nous and returns to Nous and participates in Nous in a twofold fashion, for this reason also it would be proper that the triangle, which is a symbol of the three natures in the constitution of the soul, should take its origin from being comprehended by two circles.[5]

Is it chance, or as we believe, is there an intrinsic incapability in terms of geometric results, if Proclus' contribution amounts to zero whereas in our daily experience we observe the new results that even the most modest researcher obtains when operating within the paradigm in which he or she was trained?

---

[2] It should be noted that Migliorato (2013b) cited here was unfinished at the time of presentation of this paper to the XXXIII SISFA Congress.

[3] In this respect the observation of an anonymous referee from a prestigious international journal joins the choir of voices that claims no serious scholar today would sustain the existence of Platonic or Aristotelian influences on Archimedes. The opposite view was offered, however, by another anonymous referee of the same journal, who considered the revisionist hypothesis to be too bold.

[4] See note 2.

[5] Proclus, *Comm. Elementi*, 215. Trasl. by Glenn R. Morrow (Proclus, Morrow 1970, p. 167).

The greatness of Archimedes should be seen not only in his extraordinary ability to obtain results but also in his re-interpretation of the existing paradigm, which he enriched with new potential and meaning.

The fundamental paradigm, pre-existing, shared and based on the work of Euclid has certain characteristics which for reasons of space we will summarise[6] as follows: *use of undefined technical terms denoting abstract entities; absence of pronouncements of a metaphysical and ontological nature regarding the truth of hypotheses or the existence of objects designated by technical terms; a posteriori criteria of validity for the assumption of hypotheses and postulates.*

The last prerequisite shows that Archimedes' reasoning in the acceptance of an assumption never refers to a more or less evident *a priori* truth, but rather is derived from an acceptance of the results obtained, from the ability to supply solutions to otherwise unsolved problems, or to problems which had previously been resolved in an unsatisfactory or approximate way, and, in the final analysis, by general consensus which also included the experts.

We will return to this question (*a posteriori* validation) later locating further instances to add to those highlighted elsewhere. For reasons of space here is a very brief description.

3. Conjectures and refutations

We will start with a passage from *De Quadratura Parabola* in which Archimedes, remembering previous attempts by geometers to find the area of a circle and other curved figures, says:

> Some of those who worked earlier in geometry attempted to prove (draw) how it would be possible to find a rectilinear area equal to a circle that's given or a segment of a circle that's given, and afterwards they attempted to square the area enclosed by the section of the cone as a whole by assuming some lemmas that were not readily admissible (ούκ εύπαραχώρητα λήμματα). For this reason, these were condemned by most people as not being discovered by them.[7]

It is not difficult to see here Archimedes' reference to the criticisms raised against Antiphon and Bryson regarding their attempts to find the area of a circle.[8] John Philoponus[9] for example offers two interpretations of Bryson's attempts, one from Alexander of Aphrodisias and the other from Proclus. In the former the area can be found using the following scheme: given a circle, it is possible to inscribe a polygon and circumscribe another circle; furthermore, it is possible to construct another polygon

[6] See our previously cited work for more details.
[7] Archimedes, *Quadr. Parabola* (Archimedes, Mendell 2013).
[8] Aristotle, *An. Post.* 75b37-76a3; *Ph.* 185a14-17; *Re. Sof.* 171b12-22, 171b34-172a13. We do not know if Aristotle was the only one or was, at least, the first to raise such criticisms. It is certain, however, that the lemma proposed by Bryson as the basis of his proof had been challenged and was therefore considered.
[9] Philoponus, *Commentary on Aristotle's Prior Analytics* 75b37.

between the two previous ones and this polygon and the circle are in the middle of every polygon inscribed and every polygon circumscribed. At this point Bryson assumes that "things which are bigger and smaller of the same thing are equal to each other" and so can conclude that the polygon and the circle are equal. Proclus on the other hand reconstructs the area of a circle as follows: the circle is bigger than every inscribed polygon and smaller than every circumscribed polygon; Bryson assumes that "where there is a smaller and a bigger, there is also an equal" and, since there is both a smaller and a bigger polygonal figure than the circle, he can conclude that there is a polygonal figure equal to the circle.[10]

We will not examine the well-known terms of Aristotle's[11] criticisms but will follow Philoponus' interpretation, which, as well as offering a counter-example,[12] permits us to identify more clearly the demonstrative scheme under accusation. Philoponus observes how Bryson does not "construct" a polygon that contains all the polygons inscribed and is contained in all the polygons that are circumscribed, nor does he offer a method to effect such a construct. In essence you must presume the existence of such a polygon to be able to prove its equality with the circle. We can also say that since for every pair of inscribed-circumscribed polygons there exists another polygon in the middle of the two, we cannot conclude that a polygon exists between any pair of inscribed-circumscribed polygons. In modern terms this is the same as saying that from the proposition: $\forall x, \exists y: (P(x) \Rightarrow Q(x,y))$ it doesn't necessarily follow that $\exists y: \forall x\ (P(x) \Rightarrow Q(x,y))$. This is just one of the errors in the history of mathematics and remnants can be found even in Cauchy, for example, in the proposition which affirms that the limit of a converging series of continuous functions is itself continuous. As Lakatos has shown (1976), it was Cauchy who gave the first demonstration of this conjecture and throughout the 18th century its truth was so entrenched and widely accepted that it seemed to have no need of proof.

The discovery of counter-examples led to a careful critique of the demonstrations offered by Cauchy finding the solution by assuming a property that is not implicit in the simple convergence and is subsequently called *uniform convergence*. Lakatos considers the creation of uniform convergence as an incumbent correction to the conjecture.

We wanted to recall this modern case because we feel that Lakatos' analysis offers insights that are useful to our argument. Lakatos calls definitions *generated-from-demonstration* those, as in this case, that are created to save enunciations that would otherwise prove to be erroneous. Lakatos favours this explanation of the growth of mathematical knowledge calling it the *heuristic approach*, as opposed to the strictly *deductionist approach*. In other words, according to Lakatos, the growth of mathematical

[10] Since every polygon can be squared, the area of a circle is obtained in both cases.
[11] Aristotle, *An. Post.*, A, 9, 75 b 37-76 a 3.
[12] Philoponus also reports what today would be called a counter-example when he mentions that the angle of contact (the angle between the arc of the circle and the tangential) is smaller than every rectilinear angle and the angle of the semi-circle (the angle complementary to the angle of contact) is superior to every rectilinear angle; since therefore a rectilinear angle is greater than every angle of contact and smaller than every angle of the semi-circle it can be concluded that there is no rectilinear angle equal to a contact angle (or to an angle of the semi-circle). Philoponus explains this depends on the fact that segment and arc are two different things and thus he finds an instance when Bryson's assumption does not hold.

knowledge, would not (or would not always) occur by following a strictly deductionist approach as in starting with *a priori* premises as would be expected, rather it follows a much more complex route. Beginning with conjectures and intuitions, scholars then try to provide proof, they are often confronted with counter-examples which are gradually eliminated by adding conditions to the original enunciation, conditions that validate the conjecture or in, any case, resolve the question.

Naturally the deductive structure remains the basis of validity for all the solutions found and it is into this structure that they must be placed to receive their definitive form. We could say that the real problem on which the mathematicians often find themselves confronting, even if it appear in a different form, seems to be, according to Lakatos' interpretation, that of incorporating conjectured solutions through the formulation of *lemmata* and additional hypotheses working within the deductive structure.

4. *Mechanical methods*. Towards a new paradigm?

Without ascribing an absolute value or giving a thorough evaluation of Lakatos' interpretation, we believe, however, it allows us to clarify at least one aspect of the process of the growth of science, not only in the modern age but also, as far as possible, in the time of Archimedes.

In the previous work cited above we examine other instances which support this view and have been further examined (Migliorato 2013b). Among these the concept of *barycentre* is of particular interest. Leaving aside the question of the "lost book",[13] we highlight how this concept is not reasonably definable in realistic terms while, at the same time, its accompanying postulates are sufficient for its characterization within the scientific context. If, however, we examine its genesis, we can see that the concept is presented as a metaphorical and abstract translation or, rather, as a shift in meaning of the pre-existing concept *centre of suspension*. Its eventual assumption as a technical term and its characterization through postulates within the scientific context is justified therefore on the strength of the results obtained by using it and the problems it has managed to resolve.

The eminently geometric characterization of the concept of barycentre in *On the Equilibrium of Planes* is outlined in Migliorato (2013b). This characteristic is clearly established in postulate 4 where the expression "centre of weight" appears for the first time. It affirms that "if two figures are exactly superimposed their respective barycentres coincide". It is evident that here, given the geometric configuration, no other extra-geometric fact can modify the barycentre. Later on the concept itself is extended to the more general context of "size" without further specification thus permitting its use in mechanics (*On Floating Bodies*). A series of steps during which shifts in meaning occur within a fixed technical apparatus of assumptions and postulates.

[13] This refers to the hypothesis of a lost work of Archimedes which contained an explicit definition of barycentre (literally in Archimedes κέντρον τού βάρεως or *center of the weights*). See for example (Sato 1981). A reasoned refusal of this hypothesis is contained in Gentile, Migliorato (2008) and Migliorato (2013b).

In itself it is not surprising therefore that Archimedes uses it in a purely geometric environment, when this can be done without problems. We find it again in *On the Quadrature of the Parabola* but its use becomes problematic when consideration of an infinite totality is implied. The method of exhaustion, in this respect, appears to be suitable here where it is used to circumvent the problem of infinity by bringing the solution back to a finitistic process. However, its fruitful use is not automatic or simple and this must have induced Archimedes to further contemplation and research. This is enough perhaps to explain the scientist's need to raise objections and challenge his contemporaries on a series of problems that he himself encountered.

The *mechanical* procedures based on the concepts of *suspension* (virtual) and *barycentre* that are outlined in *The Method* appear to be more suitable and offer a more direct and general course leading to results. However, in doing this, Archimedes claims, the results obtained still cannot be proven. An affirmation that has always been interpreted as a refusal to adopt into geometry concepts that were borrowed from mechanics. This conclusion, however, is not completely convincing and, on closer inspection and on the basis of accepted postulates, nothing exists in those concepts that is not geometrically determined. Even the term *equilibrium* itself is susceptible to the loss of its original *mechanical* connotations when it is seen as a precise and specific state of geometric configuration in reference to a determined point. The question of infinity, we believe, is much more meaningful.[14]

As Fabio Acerbi has pointed out in his introduction to *The Method*, nearly all the assumptions made by Archimedes in this work were based on theorems which had already been demonstrated, with the exception of two. These two introduce something new and challenging:

> Lemma 3. If the centres of gravity of any number of magnitudes whatever be on the same straight line, the centre of gravity of the magnitude made up of all of them will be on the same straight line.
> Lemma 4**.** The centre of gravity of any straight line is the point of bisection of the straight line (Archimedes, Heath 1912, p. 14).

Taken individually, they may seem innocent enough but the effect of combining them is that: *if in a plane figure we consider all the straight lines that are parallel to a given straight line, then Lemma 3 can be applied to it*, thus becoming, for the first time in Hellenistic geometry, an enunciation about an infinite totality.

We will try, at this point, to draw some conclusions, all be they provisory and in no way conclusive. The true personal beliefs of the Syracuse scientist can be argued however one views the more or less legendary figure presented by tradition. Was Archimedes a Platonist? What ideas did he had about the world, about its effective reality, about its knowableness? We don't believe this query can ever be answered

[14] The question of Archimedes and infinity has been dealt with in other papers (Migliorato 2013b). The search to extract as much as possible from the indeterminacy of infinity in all its possible determinations and not just infinity per se, can be found in several parts of the Archimedean opera. This was in fact a pre-existing tendency in Hellenistic mathematics and we can find it already in Euclid, whose enunciation of the 5th postulate constitutes, in this sense, an absolute masterpiece (see Migliorato, Gentile 2005; Migliorato 2013a).

satisfactorily and, while it is licit to discuss and hypothesize upon it, we are interested in another aspect. We are concerned with analysing Archimedes in relation to his "public" work as a scientist. His role, in other words, in the collective process that, as mentioned in the introduction, is viewed as an organism, emerging from the complexity of history. We have analysed his work from this position and our final considerations are so related.

In the introductory letters to his works Archimedes does not at any point allude to principles of absolute "truth" or mention proof. He tends to validate his own assumptions by relying upon the trust already awarded them by predecessors and by their extensive use in problem solving. It is his hope that theories based on these assumptions will be likewise accepted in the future. These are all elements of a pre-existing shared scientific paradigm.

Archimedes, however, goes on to develop further this paradigm, he operates within it to construct new conceptual entities and widen its apparatus. He does it creatively, producing shifts in meaning and making new assumptions and throughout it is accompanied by a need to justify every procedure, every assumption so that it can be followed, and made use of by others.

The Method is no exception and Archimedes expresses his hopes that others will put its contents to good use. However, *The Method* contains something more: the conceptual leap contained in Lemmas 3 and 4 taken together that presupposes the existence of an infinite totality. A conceptual leap which, up until then, had been steadily avoided and could not therefore belong to, nor could it automatically be included in, a shared paradigm.

This does not imply that such a paradigm could not be assumed in the future, nor do we know if Archimedes was aware of this or not. He does not say, as neither does Gauss who avoided publication of his conclusions on the 5th postulate and on the possibility of a non-Euclidian geometry for fear of the "clamour of the Boeotians" (Reid 1970, p. 59).

In fact the new paradigm did not emerge immediately. Every hypothesis regarding what could have happened, if the flourishing spring of Hellenistic science had continued, belongs to the realm of conjecture and, as such, it cannot be regarded as history.

Bibliography

Archimedes, in Acerbi F., Fontanari C., Guardini M. (a cura di) (2013). *Metodo. Nel laboratorio del genio*. Torino: Bollati Boringhieri.

Archimedes, in Heath T.L. (ed.) (1897). *The Works of Archimedes*. Cambridge: Cambridge University Press.

Archimedes, in Heath T.L. (ed.) (1912). *The Method of Archimedes. Recently discovered by Heiberg, a supplement to the Works of Archimedes (1897)*. Cambridge: Cambridge University Press.

Archimedes, in Mendell H. (ed.) (2013). Archimedes, Quadrature of the Parabola. Introduction and Propositions 1-7, translated by Henry Mendell [online]. URL: <http://web.calstatela.edu/faculty/hmendel/Ancient%20Mathematics/Archimedes/QuadraturaParabolae/QP.contents.html> [access date: 21/07/2016].

Cambiano G. (1992). *Scoperta e dimostrazione in Archimede*, in Dollo C. (a cura di) *Archimede. Mito, tradizione, scienza. Atti del Convegno* (Siracusa-Catania: 9-12 Ottobre 1989). Firenze: Olschki, pp. 21-41.

Cambiano G. (1996). "Alle origini della meccanica. Archimede e Archita". *Arachnion. A Journal of Ancient Literature and History on the Web*, n. 2.1 [online]. URL: <http://www.cisi.unito.it/arachne/num4/cambiano.html> [access date: 01/07/2016].

D'Alessandro P., Napolitani P.D. (2012). *Archimede latino*. Paris: Les Belles Lettres.

Dijksterhuis E.J., Knorr W.R. (1987). *Archimedes*. Princeton: Princeton University Press.

Droysen J.G. (1836). *Geschichte des Hellenismus*. 3 voll. Hamburg: F. Perthes.

Heiberg J.L. (1910-15). *Archimedis opera omnia cum commentariis Eutocii*, voll. I-III, Lipsiae: in aedibus B.G. Teubneri.

Frajese A. (a cura di) (1974). *Opere di Archimede*. Torino: UTET.

Gentile G., Migliorato R. (2008). "Archimede platonico o aristotelico. Tertium non datur?". *Atti della Accademia Peloritana dei Pericolanti, Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*, 86 [online]. URL: <http://dx.doi.org/10.1478/C1A0802009> [access date: 21/06/2016].

Geymonat M., Canfora L., Alferov Z. (2008). *Il grande Archimede*. Roma: Teti Editore.

Knorr W.R. (1978). "Archimedes and the elements. Proposal for a revised chronological ordering of the Archimedean corpus". *Archive for History of Exact Sciences*, 19 (3), pp. 211-290.

Lakatos I. (1976). *Proofs and Refutations. The Logic of Mathematical Discovery*. Cambridge: Cambridge University Press.

Migliorato R., Gentile G. (2005). "Euclid and the scientific thought in the third century BC". *Ratio Mathematica*, 15, pp. 37-64 [online]. URL: <http://www.eiris.it/ratio_numeri/ratio_15/cap_3_EuclidandtheScient.pdf> [access date: 21/06/2016].

Migliorato R. (2005). "La Rivoluzione euclidea e i «paradigmi scientifici» nei regni ellenistici". *Incontri Mediterranei*, 15, pp. 3-24.

Migliorato R. (2013a). *La ragione e il fenomeno. Itinerari epistemologici tra matematica e scienze empiriche*. Roma: Aracne Editrice.

Migliorato R. (2013b). *Archimede. Alle radici della modernità tra storia scienza e mito*. Messina: Dipartimento di Matematica e Informatica [online]. URL: <http://ww2.unime.it/alefzero> [access date: 21/06/2016].

Neugebauer O. (1969). *The exact sciences in antiquity*. New York: Dover.

Netz R. (2004a). *The Transformation of Mathematics in the Early Mediterranean World. From Problems to Equations*. Cambridge: Cambridge University Press.

Netz R. (2004b). *The Works of Archimedes, vol. I: The Two Books On the Sphere ad the Cylinder*. Cambridge: Cambridge University Press.

Netz R., Nöel W. (2007). *The Archimedes Codex. How a medieval prayer book is revealing the true genius of antiquity's greatest scientist*. Philadelphia: Da Capo Press.

Proclus, in Morrow G.R. (ed.) (1970). *Proclus A Commentary on the First Book of Euclid's Elements*. Princeton: Princeton University Press.

Reid C. (1996). *Hilbert*. Berlin: Springer.

Russo L. (1997). *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*. Milano: Feltrinelli.

Sato T. (1981). "Archimedes' Lost Works on the Centers of Gravity of Solids, Plane Figures and Magnitudes". *Historia Scientiarum: International Journal of the History of Science Society of Japan*, 20, pp. 1-40.

Unguru S. (1975). "On the need to rewrite the history of Greek mathematics". *Archive for History of Exact Sciences*, 15 (1), pp. 67-114.

Unguru S. (1979). "History of Ancient Mathematics. Some Reflections on the State of the Art". *Isis*, 70 (4), pp. 555-565.

PHYSICS AND SCIENCE IN THE 19TH AND 20TH CENTURIES

Riflessi della ricerca scientifica del XIX secolo nella *Rivista di Giornali* (1858-1879)

Ivana Gambaro - Dipartimento di Matematica, Università di Genova - ivana.gambaro@unige.it
Giuseppe Canepa - Dipartimento di Matematica, Università di Genova - pat.giuseppe@libero.it
Giuseppina Fenaroli - Dipartimento di Matematica, Università di Genova - fenaroli@dima.unige.it

Abstract: In the second half of the 19th century an important section of a well-known Italian academic journal, *Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, was devoted to review and comment a series of articles, books, treatises, programs of schools, etc., published in periodicals from European countries and concerning several scientific fields (algebra, geometry, physics, chemistry, social studies, scientific applications …), with the purpose of creating a real cultural cohesion in the Italian scientific world by opening to new ideas from abroad and by spreading our own contributions in Europe. This section, the *Rivista di Giornali*, was founded and edited by Giusto Bellavitis, by that time one of the most active personalities in the Italian community of mathematicians. We intend to analyze this interesting case-study from the point of view of physics and applied sciences within the Italian scientific community of late 19th century.

Keywords: Giusto Bellavitis, *Rivista di Giornali*, Nineteenth-century mathematics, Nineteenth-century physics.

1. Giusto Bellavitis e la cultura scientifica italiana

L'ambiente matematico italiano dell'Ottocento e la sua collocazione all'interno del panorama europeo sono stati oggetto di studi approfonditi avviati nell'ultimo ventennio del XX secolo in Italia. Tali ricerche hanno portato alla luce numerosi archivi di manoscritti ed epistolari e hanno ampiamente analizzato la letteratura scientifica pubblicata in Italia con riferimenti alle riviste europee (Borgato 2011).

Tra gli autori che hanno rivestito un ruolo assai significativo sia nell'accoglienza da parte degli scienziati italiani delle nuove idee provenienti dall'Europa, sia nella diffusione della cultura scientifica italiana negli ambienti europei, certamente Giusto Bellavitis fornì un contributo personale assai rilevante che si concretizzò nell'agosto del 1859 nella pubblicazione del primo numero della *Rivista di Giornali*, ospitata negli

Atti dell'Imperial Regio Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti relativi all'anno 1858-1859 (Canepa *et al.* 2011, Canepa *et al.* 2014).

Già l'anno precedente E. Betti, F. Brioschi e F. Casorati avevano realizzato un viaggio in Europa, incoraggiato e preparato soprattutto da P. Tardy e A. Genocchi, orientato a porre in contatto le nuove leve dei matematici con le maggiori scuole scientifiche presenti nel continente, affinché i giovani tornassero in patria arricchiti di nuove problematiche e preziosi contatti con l'estero.[1]

L'apertura culturale italiana verso l'Europa, stimolata anche dall'esigenza di un allineamento industriale con gli altri stati europei,[2] stimolava il costituirsi in Italia di Scuole di Applicazione per Ingegneri e la pubblicazione di giornali e periodici a carattere scientifico, basti ricordare *Il Politecnico* e gli *Annali di fisica chimica e matematiche*.

Da questo fervore innovativo non era esente la nuova rivista fondata da Bellavitis la cui pubblicazione, tuttavia, si arresterà con la morte improvvisa del suo principale promotore nell'autunno del 1880.

Nato a Bassano del Grappa (Vicenza) il 22 Novembre 1803, Giusto Bellavitis morì a Tezze (Vicenza) il 6 Novembre 1880, prossimo a compiere 77 anni. Essenzialmente autodidatta, nel 1845 gli fu conferita la *Laurea honoris causa* dall'Università di Padova, dove svolse tutta la sua carriera universitaria tenendo corsi di geometria, algebra, teoria della probabilità, fisica, ecc. Fu membro della Società dei XL, la principale istituzione che favoriva momenti di aggregazione e confronto tra gli scienziati italiani, Senatore del Regno d'Italia dal 1866 e Rettore dell'Università di Padova nel biennio 1866-1867; pubblicò 223 lavori e la *Rivista di Giornali*, fornendo contributi rilevanti nell'ambito dell'analisi, dell'algebra dei numeri complessi, e in ottica, elettrofisica [sic] e chimica. A partire dai suoi studi sull'algebra dei numeri immaginari egli sviluppò ricerche approfondite che lo condussero nel 1832 alla *teoria delle equipollenze*, grazie alla quale acquisì notorietà a livello europeo. Metodi simili furono successivamente sviluppati da H.G. Grassmann (1844) e W.R. Hamilton (1853).[3]

I suoi contributi sono stati ampiamente analizzati in pubblicazioni che hanno avuto ampia diffusione (Borga *et al.* 1985, Canepa 1994, Caparrini 2003, Corradi *et al.* 2003, Freguglia 1992, Freguglia 1994).

2. La Rivista di Giornali

La *Rivista di Giornali* fu pubblicata dal 1859 al 1879, e fin dal primo numero (RG1) emerse l'intento, espresso già nel titolo, di illustrare contributi importanti nell'ambito della cultura scientifica europea: *Rivista di alcuni articoli dei Comptes Rendus dell'Accademia delle Scienze di Francia del prof. Giusto Bellavitis, Membro effettivo dell'Imperial Regio Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*.

[1] Il viaggio realizzato nel 1858 da Betti, Brioschi e Casorati ebbe un ruolo centrale nel rinnovamento della ricerca italiana in ambito matematico. Lo stesso Volterra lo citò ampiamente al Congresso Internazionale tenutosi a Parigi nel 1900 (Volterra 1902).
[2] Vedasi in proposito Lacaita (2012) e Bottazzini (2011).
[3] Si veda il contributo assai stimolante di Parra Serra (2010).

Negli anni seguenti molti furono i lavori recensiti da Bellavitis, in primo luogo di carattere matematico, ma già nel secondo numero della *Rivista* (RG2) apparvero tematiche proprie delle scienze fisiche (Canepa *et al.* 2011, Canepa *et al.* 2014).

Avvalendosi dei *Repertori*,[4] un fondamentale strumento nel suo personale metodo di studio e di raccolta e catalogazione dei dati, egli realizzò un approfondito lavoro di mappatura culturale, riferita sia alla letteratura precedente, sia a quella a lui contemporanea, particolarmente adatta a offrire uno strumento utile a chi per la prima volta si accostava allo studio di un dato argomento. Le *categorie di dettaglio* considerate nei *Repertori* da Bellavitis erano assai diversificate e testimoniano l'ampiezza degli interessi dell'autore. Qui di seguito le riportiamo così come sono elencate nella *Quarta Rivista*:

> aritmetica, algebra, geometria (elementare, descrittiva, piana, sferica, etc.), geodesia, analisi della probabilità, meccanica, idraulica, meccanica dell'universo, merilogia ossia scienza delle azioni molecolari e dei relativi fenomeni, teoria delle vibrazioni ed acustica, aerologia, scienza del calorico, ottica, azioni chimiche della luce, magnetismo, elettricismo, chimica, meteorologia, astronomia, mineralogia, fitologia, zoologia, microbiologia, geografia fisica e geologia, arte dell'ingegnere, agricoltura ed economia domestica, medicina, arti, belle arti ed estetica, letteratura, geografia e statistica, storia civile, storia letteraria, filosofia, scienze sociali, scienze naturali, biografie, miscellanea.[5]

Se, come da lui auspicato, si fosse costituito un team di revisori della letteratura scientifica internazionale, sarebbe stata opportuna, a suo avviso, la pubblicazione di due *Repertori*, uno di *Matematica Pura* e l'altro di *Fisica e Chimica*. Entrambi avrebbero potuto consentire a ogni studioso la realizzazione di indici e suddivisioni per sottoargomenti a seconda delle proprie necessità personali.

Più volte sulle pagine della sua *Rivista* Bellavitis lamentò la mancanza in Italia di una pubblicazione periodica che riunisse quanto scrivevano i matematici italiani, ed il ritardo con cui le Accademie pubblicavano le memorie ricevute, la loro periodicità inadeguata e la scarsa cura portata alla loro diffusione anche tra i soci. Per questo, sovente concludeva, non si poteva biasimare la scelta degli scienziati italiani orientati a pubblicare sui giornali stranieri, che si diffondevano per tutta Europa (RG6). Qui ci limiteremo ad analizzare alcune delle sue riflessioni su tematiche afferenti alla fisica, rimandando ad altri lavori per l'analisi dei suoi contributi nell'ambito matematico (Belcastro *et al*. 2003, Canepa 1994, Canepa e Fenaroli 2009, Canepa *et al.* 2011, Canepa *et al.* 2014, Caparrini 2003, Corradi *et al.* 2003, Freguglia 1992, Freguglia 1994, Guerraggio, Nastasi 2010, Pepe 2012a, Roero 2012).

---

[4] I criteri e le modalità con cui Bellavitis realizzava un *Repertorio* sono illustrati nelle pagine introduttive alla *Quarta Rivista* (RG4) VI (1860-1861) pp. 625-630.

[5] (RG4) VI (1860-1861) p. 627. In generale queste tematiche, indicate da Bellavitis come *categorie di dettaglio*, sono le medesime utilizzate nei fascicoli della *Rivista di Giornali* fatta eccezione per: *merilogia ossia scienza delle azioni molecolari e dei relativi fenomeni, aerologia, azioni chimiche della luce, arte dell'ingegnere, medicina, arti, belle arti ed estetica, storia civile, storia letteraria, biografia, miscellanea*, che sono analizzate in sezioni diversamente denominate. Per una prima analisi si veda Legnazzi (1881) pp. 25-27 e le note 24-29 alle pp. 88-105.

3. La fisica, la chimica e le scienze applicate nella *Rivista di Giornali*

Già nel primo numero della *Rivista di Giornali* Bellavitis fa riferimento ai suoi interessi per temi propri della biologia o della chimica, soffermandosi sull'analisi del concetto di elemento *semplice* affrontato dal lavoro di Dumas e Despretz.[6] Dal secondo numero in poi tratterà ampiamente il tema della combustione della materia con richiami, anche storici, alle teorie del flogisto e del calorico:

> se osassi pronunciare un giudizio direi che la scienza del calorico si trovi in uno stato di transizione tra la vecchia e la nuova teoria, per cui non ha ancora nè principii nè linguaggio bene stabiliti.[7]

Qui Bellavitis riferisce l'ipotesi della materialità del calore secondo la quale

> il calor latente [è] come una molla tenuta stretta fra due molecole, che si attirano in virtù della coesione, ed il calore sviluppato nelle combinazioni chimiche [è attribuito] al calor latente enfermé[8] nei corpi che si uniscono.[9]

E, riferendosi ai lavori del chimico francese H. Sainte Claire Deville, egli afferma:

> i corpi semplici sono composti di calore e di materia, ed il calore o flogistico si sviluppa quando essi si combinano con l'ossigeno.[10]

L'approccio di Bellavitis ai problemi più dibattuti dalla fisica del periodo è ad un tempo aperto alle innovazioni ed insieme tradizionale: fa ampiamente riferimento all'ipotesi della costituzione atomica della materia, pur citando uno tra i più attivi oppositori dell'atomismo, il Deville, mentre si colloca tra i sostenitori della vecchia teoria del calorico in anni in cui ormai i lavori di R. Clausius, Lord Kelvin e J.C. Maxwell segnano già la nascita della moderna teoria cinetica dei gas. È interessante osservare, infatti, che in questi primi numeri della *Rivista* Bellavitis solo una volta, nell'ambito della sezione *Scienza del calorico*, cita uno di questi autori, R. Clausius, ma fornisce solo il titolo dell'articolo, "Sulla densità del vapore saturato", e le pagine relative nei *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, senza fare né una sintesi del contenuto, né un commento quanto alla proposta di R. Clausius che qui interpretava alcuni dati sperimentali come conferma delle sue teorie.[11]

Ma è ancora più interessante leggere le prime righe dell'articolo dove Clausius scrive:

> je prends la liberté d'appeler l'attention de l'Académie sur une formule que j'ai donné dans mon premier Mémoire sur la théorie mécanique de la chaleur qui fut

[6] (RG1) IV (1858-1859) pp. 1114-1122.
[7] (RG2) V (1859-1860) p. 842.
[8] In francese nell'originale.
[9] (RG2) V (1859-1860) p. 842.
[10] (RG2) V (1859-1860) p. 842 dove Bellavitis cita un articolo di Henry Sainte Claire Deville, un chimico francese dell'Ottocento noto soprattutto per le sue ricerche sull'alluminio.
[11] (RG4) VII (1861-1862) p. 71, letta all'Adunanza del 15 luglio 1861, ma pubblicata nel Tomo VII.

> présenté à l'Académie de Berlin au mois de février 1850, et qui fut publié alors dans les Annales de Poggendorff.[12]

L'esplicito riferimento a questa Memoria del 1850, dove Clausius assume una posizione radicale quanto alla natura del calore, respingendo l'ipotesi che si tratti di una sostanza, ed assumendo che sia piuttosto una forma con cui si manifesta l'energia, avrebbe potuto stimolare Bellavitis ad effettuarne una lettura critica e a riconsiderare le sue convinzioni in materia di fenomeni termici, ma ciò non avvenne.

È ragionevole ipotizzare che in questa fase l'attenzione portata principalmente alle pubblicazioni scientifiche in lingua francese, lo abbia allontanato dal dibattito più significativo che si sviluppava nell'ambito della fisica inglese e tedesca sulla natura dei fenomeni termici, e che, dalla seconda metà del secolo, segnerà l'abbandono definitivo dell'ipotesi sulla materialità del calore.

Leggiamo infatti ancora nell'*Ottava Rivista*, pubblicata nel 1866, una lunga recensione al *Principes de thermodynamique* di Paolo Ballada di Saint Robert, ufficiale piemontese e professore di balistica. Il testo, pubblicato in lingua francese a Torino nel 1865, vide un'ampia diffusione come libro di testo di termodinamica e fu tradotto anche in lingua inglese. La recensione offre a Bellavitis l'occasione di esprimere chiaramente il suo pensiero quanto alla natura del calorico e al suo rifiuto della teoria meccanica del calore:

> Ammettendo che il calorico possa convertirsi in lavoro, e sapendosi d'altronde che il lavoro può convertirsi in semiforza viva e viceversa, alcuni credettero di spiegare che cosa sia il calorico considerandolo come una semiforzaviva, e […] così si suppose che il calorico fosse la semiforza viva di un moto vibratorio; e molti Fisici tengono per dimostrato che le vibrazioni che reggono tutta l'acustica e tutta l'ottica debbano giungere a spiegare ogni fenomeno. Si contò molto sull'onnipotenza delle parole e sulla credulità degli uomini, quando si asserì che un corpo caldo od anche freddo ha le proprie molecole in continua vibrazione […] Pochi fenomeni sono tanto differenti quanto quelli del calorico repente e quelli dovuti a vere vibrazioni: il suono più forte, la luce più viva si spengono in un istante quando cessa la causa che produce le vibrazioni; al contrario i corpi conservano il loro calore per anni e secoli senza alcuna causa di vibrazione.[13]

Le difficoltà nel definire una volta per tutte il calorico gli suggeriscono immagini, metafore ardite, ai nostri occhi quasi più adeguate ai dibattiti sulla natura delle particelle atomiche o subatomiche sviluppatisi nel corso del secolo successivo, che alle teorie sui fenomeni termici:

> il calorico è un essere o una potenza che, come fosse una forza, fa che le molecole dei corpi si respingano, che talvolta si trasforma in lavoro, che talvolta si trasforma

[12] Clausius (1861), dove lo stesso Clausius cita la sua famosa memoria "Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen" (Sulla forza motrice del calore e sui principi che possono derivarne per la teoria del calore), pubblicata nel 1850 in *Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie*, volume 79, pp. 368-397 e pp. 500-524.

[13] (RG8) XI (1865-1866) pp. 292-293; con il termine *semiforza viva* Bellavitis intende l'energia cinetica.

> in semiforzaviva di vibrazione, ed allora si dice che è calorico raggiante: è un essere che può presentarsi come bruco, come crisalide o come farfalla.[14]

In un altro fascicolo del medesimo numero della *Rivista* Bellavitis riferisce su alcuni esperimenti atti a stimare

> il lavoro meccanico che può ottenersi dalla corrente Voltaica mediante l'elettrolisi dell'acqua, paragonandolo con calorico che in tale azione viene impiegato a decomporre l'acqua nei due gas.[15]

Infine, nel numero X della *Rivista*,[16] e successivamente nei numeri XII e XIII,[17] egli affronta ancora questo tema, abbandonando l'ipotesi di un calorico considerato quale corpo *sui generis*, alla luce dei contributi emersi nella letteratura degli anni Settanta, ma mantenendo le sue critiche alla concezione che riconduce il calore al moto molecolare. Le sue perplessità nei confronti delle nuove teorie lo conducono ad assumere posizioni molto critiche nei confronti delle teorie sostenute da molti fisici a lui contemporanei, tra gli altri Jules Jamin, professore all'École Polytechnique di Parigi, membro dell'Académie des Sciences e autore di un *Traité de Physique* (1870) che aveva visto una buona circolazione. Bellavitis nell'adunanza del 21 marzo 1875 presenta un "Discorso", pubblicato sulle pagine degli *Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti* (Bellavitis 1875), in cui, analizzando il testo di Jamin, solleva molte obiezioni nei confronti delle «moderne dottrine che mirano a bandire dalla scienza il fluido imponderabile *calorico*, i due fluidi elettrici e magnetici e a riguardare tutti fenomeni come effetto dei movimenti della materia e di un sol fluido tenuissimo, l'etere». Critiche tanto vivaci da muovere, da parte del suo allievo F. Rossetti, un'articolata risposta nel maggio dello stesso anno, pubblicata immediatamente sulle pagine degli *Atti dell'Istituto*:

> Mi dispiace dover contraddire alle opinioni manifestate da un così illustre collega, che fu uno de' miei maestri […] La teoria dinamica del calore ha ormai avuto un tale sviluppo da consentire che, al pari di quanto successe nell'ottica, per suo mezzo venissero anticipatamente indicati dei fenomeni, i quali poi furono trovati veri nell'esperimento. Quando una teoria ha raggiunto questo stadio, essa ha già acquistato un grado di probabilità che si avvicina di molto alla certezza. […] Lo stato attuale della scienza permette di affermare la non esistenza di un fluido speciale calorifico, e nemmeno di fluidi speciali magnetici ed elettrici.[18]

L'anno seguente, sulle pagine della *Rivista*, Bellavitis accoglie la tesi secondo la quale i fenomeni termici non sono altro che effetti della vibrazione dell'etere:

---

[14] (RG8) XI (1865-1866) pp. 292-293.
[15] (RG8) XI (1865-1866) pp. 958-960.
[16] (RG10) XVI (1870-1871) pp. 1689-1707.
[17] (RG12) I (1874-1875) pp. 1280-1282 e pp. 1283-1284; (RG13) II (1875-1876) pp. 191-199. Siamo ormai negli anni 1873-1875 con la *Duodecima Rivista*, e 1876-1877 con la *Tredicesima Rivista*.
[18] Rossetti (1875) in particolare p. 779 e p. 785. Formatosi all'Università di Padova e a quella di Vienna, dove ebbe come compagni di studi J. Stefan e E. Mach, Francesco Rossetti fu professore di Fisica sperimentale all'Università di Padova dal 1866 al 1885.

> Un tempo tali cose, sì fattamente differenti, si dicevano: Luce, Elettrico, Calorico, Magnetico, ora questi corpi sono relegati nel mondo immaginario; tutti quegli effetti sono prodotti dalle vibrazioni di un solo etere […] non si deggiono supporre esseri di cui non sia provata l'esistenza; il fuoco e il fulmine non sono sufficienti prove che esista calorico ed elettrico.[19]

Ma la posizione critica nei confronti dell'ipotesi della costituzione atomica della materia permane:

> […] io credeva e credo che l'esistenza degli atomi non sia nè dimostrata nè probabile, e che non serva a nulla ridotta, come presentemente si ammette, ad atomi immensamente più piccoli delle distanze che li separano; sicché io credo che per noi la materia sia soltanto il complesso di forze e di potenze, per le quali essa ci si palesa.[20]

Le problematiche fisiche affrontate da Bellavitis nelle sue recensioni e nelle sue sintesi su quanto si andava pubblicando in Francia e in Europa comprendono anche l'*elettricismo* [sic] e il magnetismo, estensivamente affrontati nei numeri VIII e XII della *Rivista di Giornali* con riferimenti allo studio dell'elettrolisi e dei fenomeni magnetici associati alle correnti, temi ben presenti in quegli anni alle menti degli scienziati più attenti.[21] È evidente l'attenzione portata allo studio fenomenologico della natura:

> il supporre che ogni calamita sia analoga ad un solenoide […] potrà giovare per sottoporre a calcolo la vicendevole azione tra le correnti e la calamita; ma io non saprei persuadermi che l'Ampère o altro valente fisico abbia creduto che veramente nella calamita esistano tali correnti.[22]

Qualche anno più tardi Bellavitis accoglie molte delle critiche che gli erano state mosse e nelle sue pagine richiama temi cari alla filosofia positivista:

> il calorico, i fluidi elettrici ed i magnetici sono chimerici, esiste solamente la materia ponderabile ed un etere, questi producono ogni azione del mondo fisico e tutto deggiono spiegare.[23]

e i limiti della nostra conoscenza evidenziando in uno degli ultimi numeri della *Rivista*:

> l'oscurità che ci circonda quando vogliamo pensare all'intima essenza dei corpi, quando vogliamo uscire dai fatti sperimentali ed investigare le cagioni, sulle quali il senso nulla può dirci e l'immaginazione ci travia.[24]

---

[19] (RG13) II (1875-1876) p. 197 dalla "Risposta alle obbiezioni fattegli da M. E. Prof. F. Rossetti sulle teorie fisiche" letta da Bellavitis durante l'Adunanza del 30 gennaio 1876 e pubblicata nella *Rivista* (RG13) II (1875-1876) pp. 191-199. Si veda anche (RG14) IV (1877-1878) pp. 1116-1119.
[20] (RG13) II (1875-1876) p. 194.
[21] (RG8) XI (1865-1866) pp. 958-961 e (RG12) I (1874-1875) pp. 1286-1287.
[22] (RG8) XI (1865-1866) p. 961.
[23] (RG13) II (1875-1876) p. 193.
[24] (RG14) IV (1877-1878) p. 1117.

La curiosità del ricercatore lo spinge ad appassionarsi agli ultimi sviluppi della chimica. Egli riferisce su pubblicazioni che trattano studi di solubilità delle sostanze o del calore sviluppato in alcune reazioni,[25] analizza gli stati allotropici dell'idrogeno,[26] o riferisce su problemi di più ampio respiro quali quelli associati alla nomenclatura chimica.[27] Sensibile alle questioni più dibattute, Bellavitis evidenzia la centralità del problema della nomenclatura chimica che pochi anni prima, nel 1860, era stato, insieme a quello dei pesi atomici, al centro del Congresso di Karlsruhe, il primo congresso internazionale della chimica.[28]

Aspetti della ricerca scientifica più prossimi all'ambito applicativo non sono assenti dalle pagine della *Rivista di Giornali*. Nel 1866 lo studioso si interessa alla questione della scelta del primo meridiano che occupa alcune pagine dell'*Ottava Rivista* e vi ritorna negli anni Settanta in più occasioni nei numeri XI e XII della *Rivista*.[29] Si occupa di geodesia e di problemi legati all'insegnamento, presso gli Istituti Tecnici, dei metodi utili a realizzare i rilievi planimetrici nella *Duodecima Rivista*.[30] Affascinato dalle innovazioni tecniche si appassiona a problemi di carattere applicativo associati allo sviluppo del telegrafo, richiamati nei numeri V, VII e XII della *Rivista*.[31]

4. Conclusioni

Bellavitis fu anche uomo del suo tempo e non si chiuse nella sua *turris eburnea* di studioso lontano dai problemi della società a lui contemporanea. Anzi, partecipò attivamente sia sul fronte politico, sia su quello sociale, appassionandosi alle vicende che condussero all'unità italiana, e in questo contesto affrontò il complesso problema dell'istruzione dedicandovi un'ampia riflessione.[32] Senatore del Regno dal 1866 al 1880, anno della sua morte, assunse in ambito politico-sociale posizioni decisamente progressiste. Espresse il suo assenso al voto alle donne, e, più in generale, dichiarò che «la comparticipazione delle donne [è] necessario fattore di civiltà». Ebbe a scrivere sull'opportunità delle imposte progressive, avanzò dubbi sull'assoluta utilità del libero scambio e ragioni quanto all'abolizione della pena di morte.[33]

Uno scienziato, un intellettuale impegnato attivamente nell'ambito della divulgazione e in quello della formazione dei giovani ricercatori, attento alla dimensione

[25] (RG2) V (1859-1860) pp. 842-843.
[26] (RG14) IV (1877-1878) pp. 1116-1119.
[27] (RG12) I (1874-1875) p. 1288.
[28] Dal Congresso internazionale dei chimici tenutosi a Karlsruhe scaturì una collaborazione a livello internazionale che condusse successivamente alla costituzione della "Unione internazionale di chimica pura e applicata" (più nota come "International Union of Pure and Applied Chemistry - IUPAC"). (Si veda "Compte rendu des séances du Congrès international des chimistes réuni à Carlsruhe le 3, 4 et 5 septembre 1860", in M.J. Nye, *The Question of the Atom: From the Karlsruhe Congress to the First Solvay Conference 1860-1911*, Los Angeles San Francisco, Tomash, 1984, pp. 633-650).
[29] (RG8) XI (1865-1866) pp. 303-304, (RG11) I (1871-1872) pp. 455-458, (RG12) I (1874-1875) p. 1294.
[30] (RG12) III (1873-1874) pp. 1336-1337.
[31] (RG5) VII (1861-1862) pp.920-930, (RG7) X (1864-65) pp.1376-1386 e (RG12) I (1874-1875) pp. 1292-1294.
[32] (RG12) I (1874-1875) pp. 1162-1165.
[33] (RG12) I (1874-1875) p. 1164 e p. 1167.

europea, talora assai prudente nel considerare le nuove idee, come nel caso delle geometrie non-euclidee e della teoria meccanica del calore, ma costantemente aperto e disponibile alla discussione e al confronto.

Bibliografia

Ancarani V. (a cura di) (1989). *La scienza accademica nell'Italia post-unitaria. Discipline scientifiche e ricerca universitaria*. Milano: Franco Angeli.

Bellavitis G. (1835). "Saggio di applicazioni di un nuovo metodo di Geometria analitica (Calcolo delle equipollenze)". *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto*, Tomo V, pp. 2-18.

Belcastro A., Canepa G., Fenaroli G., Modonesi M. (2003). "Alcuni manoscritti relativi all'insegnamento del calcolo delle probabilità presenti nelle carte di Giusto Bellavitis (1803-1880)". *Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, Tomo 161, fascicolo 2, Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali, (2002-2003), Adunanza del 17 maggio 2003, pp. 331-370.

Bellavitis G. (1875). "Discorso sulle nuove teorie relative ai fenomeni che si riferivano ai fluidi imponderabili". *Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, Serie V, Tomo I, (1874-1875), Adunanza del 21 marzo 1875, pp. 495-504.

Borga M., Freguglia P., Palladino D. (1985). *I contributi fondazionali della scuola di Peano*. Milano: Franco Angeli.

Borgato M.T. (2011). "On the Historiography of Mathematics in Italy", in Roca-Rosell (2012), pp. 40-45.

Bottazzini U. (2011). *Francesco Brioschi, matematico e uomo politico*, in Pepe L. (a cura di), *Abstracts del Congresso "Europa matematica e Risorgimento italiano"*, (Pisa, 19-23 settembre 2011).
[online] URL: <http://www.crm.sns.it/course/2978/> [data di accesso: 20/03/2016].

Canepa G. (1994). *Le carte Bellavitis*, in *Le Scienze Matematiche nel Veneto dell'Ottocento*, Venezia, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, pp. 49-59.

Canepa G., Fenaroli G. (2009). *Il Carteggio Bellavitis-Tardy (1852-1880).* Milano: Mimesis (Collana Materiali per la ricostruzione delle biografie di Matematici italiani dell'Unità, diretta da A.Brigaglia e P. Testi).

Canepa G., Fenaroli G., Gambaro I. (2011). *The Rivista di Giornali (1859-1880) and the circulation of the European mathematical culture in XIX-century Italy. A case study*, in Roca-Rosell (2012), pp. 593-601.

Canepa G., Fenaroli G., Gambaro I. (2014). *The Rivista di Giornali (1859-1879) within the Italian and European Mathematical culture of the 19th century*, in Gérini, Verdier (2014), chap. 5, pp. 129-154.

Caparrini S. (2003). *Early theories of vectors*, in Corradi *et al* (2003), pp.179-198.

Clausius R. (1861). "Sur la densité de la vapeur saturée". *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 52, (janvier-juin), pp. 706-709.

Corradi M., Becchi A., Foce F., Pedemonte O. (a cura di) (2003). *Essays on the History of Mechanics. In Memory of Clifford Ambrose Truesdell and Edoardo Benvenuto*. Basel-Boston-Berlin: Birkhäuser.

Freguglia P. (1992). *Dalle equipollenze ai sistemi lineari*. Urbino: QuattroVenti.

Freguglia P. (1994). *Il calcolo delle equipollenze di Giusto Bellavitis,* in *Le Scienze Matematiche nel Veneto dell'Ottocento*, Venezia, Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti, pp. 11-48.

Gérini C., Verdier N. (a cura di) (2014). *L'émergence de la presse mathématique en Europe au 19ème siècle. Formes éditoriales et études de cas*. Oxford (UK): College Publications.

Grassmann H.G. (1844). *Die Lineale Ausdehnungslehre ein neuer Zweig der Mathematik*. Leipzig: Wigand.

Guerraggio A., Nastasi P. (2010). *L'Italia degli scienziati. 150 anni di storia nazionale*. Milano: Bruno Mondadori.

Hamilton W.R. (1853). *Lectures on Quaternions.* Dublin: Hodges and Smith.

Lacaita C.G. (2012). *Scienza e modernità nelle riviste milanesi dell'800. Il Politecnico e gli Annali di fisica chimica e matematiche*, in Pepe (2012b), pp. 267-281.

Legnazzi N. (1881). *Commemorazione del Conte Giusto Bellavitis letta il 6 Dicembre 1880, trigesimo della sua morte nell'Aula Magna della R^a. Università di Padova*. Padova: Prosperini.

Parra Serra J.M. (2010). *Geometric Algebra versus Vector Algebra as Physical Mathematics. Bridging Past and Future*, in Roca-Rosell A. (a cura di) *Abstracts of the 4th International Conference of the ESHS* (Barcelona, 18-20 November 2010). Barcelona: SCHCT-IEC, p. 73.

Pepe L. (2012a). *Esperienze internazionali di matematici e fisici italiani prima dell'Unità*, in Ferraresi A., Signori E. (a cura di) *Le Università e l'Unità d'Italia (1848-1870)*, Bologna: CLUEB, pp. 321-332.

Pepe L. (a cura di) (2012b). *Europa matematica e Risorgimento Italiano*. Bologna: CLUEB.

Reeves B.J. (1984). *Pensieri sulla decadenza della fisica in Italia, 1861-1911*, in *Atti del IV Convegno di Storia della Fisica*, (Como, 3-5 novembre 1983), Milano: CLUED, pp. 147-154.

Reeves B.J. (1989). *Le tradizioni di ricerca nella fisica italiana nel tardo diciannovesimo secolo*, in Ancarani (1989), pp. 53-96.

Roca-Rosell A. (a cura di) (2012). *The Circulation of Science and Technology: Proceedings of the 4th International Conference of the ESHS,* (Barcelona, 18-20 November 2010). Barcelona: SCHCT-IEC.

Roero C.S. (2012). *Politica e istruzione scientifica a Torino nell'età del Risorgimento*, in Pepe (2012b), pp. 219-242.

Rossetti F. (1875). "Considerazioni a proposito del Discorso di G. Bellavitis sulle nuove teorie relative ai fenomeni che si riferivano agli imponderabili". *Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, Serie V, Tomo I, (1874-1875), Adunanza del 23 maggio 1875, pp. 779-785.

Volterra V. (1902). *Betti, Brioschi, Casorati, trois analystes italiens et trois manières d'envisager les questions d'analyse*, in *Compte rendu du deuxième Congrès international des mathématiciens tenu à Paris du 6 au 12 août 1900*, Paris, Gauthier-Villars, pp. 43-57.

Appendice: la *Rivista di Giornali*

La *Rivista di Giornali* nacque come pubblicazione finalizzata alla diffusione in ambito italiano dei più interessanti lavori matematici (e di fisica matematica o applicata) apparsi sulle principali riviste in Europa e in America. Fondatore e curatore della pubblicazione, che comprende quindici numeri sull'arco di ventuno anni dal 1858-1859 al 1878-1879, Giusto Bellavitis operò in qualità di recensore fino all'anno della sua morte, il 1880, quando già aveva predisposto materiale per altri tre numeri (come testimonia il suo primo biografo, Legnazzi 1881, p. 26).

La *Rivista* è pubblicata sulle pagine degli *Atti dell'Imperial Regio Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, i cui tomi comprendono ciascuno il periodo che decorre dal 1 novembre di un anno al 31 ottobre del successivo, secondo la scansione tipica dell'anno accademico (da cui l'indicazione che per ogni tomo si riferisce a due anni in sequenza) e in genere prevede, a partire dal terzo numero, due, tre o quattro parti che possono essere pubblicate su più tomi degli *Atti,* rendendo assai complessa l'indicazione dei riferimenti bibliografici. A complicare ulteriormente la ricostruzione della successione con cui furono pubblicate le varie parti della *Rivista*, i tomi degli *Atti*, la cui numerazione muta poiché mutano le Serie, comprendono parti di numeri diversi della *Rivista*. Così l'*Ottava Rivista* viene, ad es., pubblicata nella sua prima parte nel Tomo XI Serie III (1865-1866), non compare nel Tomo XII Serie III (1866-1867) e viene completata nel Tomo XIII Serie III (1867-1868), il quale ospita anche la prima parte della *Nona Rivista*. Ne discende una notevole difficoltà a presentare i riferimenti bibliografici secondo l'usuale criterio e la necessità di questa appendice per fornire al lettore le indicazioni utili a reperire le pubblicazioni a cui il presente contributo fa riferimento.

(RG1) *Rivista di alcuni articoli dei Comptes Rendus dell'Accademia delle Scienze di Francia*, in *Atti dell'Imperial Regio Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, Serie III, Tomo IV, (1858-1859), Adunanza del 22 agosto 1859, pp. 1109-1122.

(RG2) *[Seconda] Rivista di alcuni articoli dei Comptes Rendus*, in *Atti* […], Serie III, Tomo V, (1859-1860), Adunanza del 18 giugno 1860, pp. 821-852.

(RG3) *Terza Rivista di alcuni articoli dei Comptes Rendus della Accademia delle Scienze di Francia e di alcune questioni des Nouvelles Annales de Mathématiques*, in *Atti* […], Serie III, Tomo VI, (1860-1861), Adunanza del 17 marzo 1861, pp. 376-392 e pp. 411-436.

(RG4) *Quarta Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie III, Tomo VI, (1860-1861), Adunanza del 14 luglio 1861, pp. 625-692; in *Atti* […], Serie III, Tomo VII, (1861-

1862), Adunanze del 15 luglio 1861 e del 25 agosto 1861, pp. 5-79, Adunanza del 17 novembre 1861, pp. 123-151.

(RG5) *Quinta Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie III, Tomo VII, (1861-1862), Adunanza del 19 gennaio 1862, pp. 244-257, Adunanza del 16 marzo 1862, pp. 449-464, Adunanza del 29 maggio 1862, pp. 619-646, Adunanza dell'11 agosto 1862, pp. 887-930, Indice, pp. 931-933.

(RG6) *Sesta Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie III, Tomo VIII, (1862-1863), Adunanza del 28 dicembre 1862, Prima parte della *Sesta Rivista*, pp. 171-222, Adunanza del 18 marzo 1963, Seconda parte della *Sesta Rivista*, pp. 553-594, Adunanza del 18 maggio 1863 e del 21 giugno 1863, Terza parte della *Sesta Rivista*, pp. 921-976, Adunanza del 23 agosto 1863, Quarta parte della *Sesta Rivista*, pp. 1266-1287, Indice, pp. 1287-1289.

(RG7) *Settima Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie III, Tomo IX, (1863-1864), Adunanza del 27 dicembre 1863, Prima parte della *Settima Rivista*, pp. 304-323 e pp. 405-424; in *Atti* […], Serie III, Tomo X, (1864-1865), Adunanza dell'11 agosto 1864, Seconda parte della *Settima Rivista*, pp. 17-57, Adunanza del 27 novembre 1864, Terza parte della *Settima Rivista*, pp. 123-137 e pp. 139-184, Adunanza del 22 dicembre 1864, pp. 306-331, Adunanza del 21 maggio 1865, pp. 1019-1068, Adunanza del 16 agosto 1865, Ultima parte della *Settima Rivista*, pp. 1352-1386, Indice, pp. 1386-1390.

(RG8) *Ottava Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie III, Tomo XI, (1865-1866), Adunanza del 28 gennaio 1866, Prima parte della *Ottava Rivista*, pp. 275-308, Adunanza del 27 maggio 1866, Seconda parte della *Ottava Rivista*, pp. 880-963; in *Atti* […], Serie III, Tomo XIII, (1867-1868), Adunanza del 24 novembre 1867, Terza e ultima parte della *Ottava Rivista*, pp. 53-142.

(RG9) *Nona Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie III, Tomo XIII, (1867-1868), Adunanza del 22 giugno 1868, Prima parte della *Nona Rivista*, pp. 1461-1498; in *Atti* […], Serie III, Tomo XIV, (1868-1869), Adunanza del 22 novembre 1868, Seconda parte della *Nona Rivista*, pp. 156-185, Adunanza del 18 aprile 1869, Terza parte della *Nona Rivista*, pp. 1249-1287, Adunanza dell'8 agosto 1869, Quarta parte della *Nona Rivista*, pp. 1993-2043, Indice, pp. 2044-2046.

(RG10) *Decima Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie III, Tomo XV, (1869-1870), Adunanza del 23 gennaio 1870, Prima parte della *Decima Rivista*, pp. 840-881, Adunanza del 29 maggio 1870, Seconda parte della *Decima Rivista*, pp. 1659-1708; in *Atti* […], Serie III, Tomo XVI, (1870-1871), Adunanza del 18 dicembre 1870, Terza parte della *Decima Rivista*, pp. 729-797, Adunanza del 21 maggio 1871, Quarta parte della *Decima Rivista*, pp. 1651-1708, Indice, pp. 1708-1711.

(RG11) *Undecima Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie III, Tomo XVI, (1870-1871), Adunanza del 14 agosto 1871, Prima parte della *Undecima Rivista*, pp. 2297-2370; in *Atti* […], Serie IV, Tomo I, (1871-1872) Adunanza del 26 dicembre 1871, Seconda parte della *Undecima Rivista*, pp. 393-458; in *Atti* […], Serie IV, Tomo II, (1872-1873), Adunanza del 25 novembre 1872, Terza e ultima parte della *Undecima Rivista*, pp. 383-454, Indice, pp. 455-459.

(RG12) *Duodecima Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie IV, Tomo II, (1872-1873), Adunanza del 27 aprile 1873, Prima parte della *Duodecima Rivista*, pp. 1127-1152 e pp. 1197-1241; in *Atti* […], Serie IV, Tomo III, (1873-1874) 29 novembre 1873, Seconda parte della *Duodecima Rivista*, pp. 203-249 e pp. 311-367, Adunanza del 22 marzo 1874, Terza parte della *Duodecima Rivista*, pp. 1035-1078, pp. 1189-1222 e pp. 1323-1340; in *Atti* […], Serie V, Tomo I, (1874-1875), 14 agosto 1875, Quarta parte della *Duodecima Rivista*, pp.1147-1297, Indice, pp. 1298-1303.

(RG13) *Tredicesima Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie V, Tomo II, (1875-1876), Adunanza del 2 gennaio 1876, Prima parte della *Tredicesima Rivista*, pp. 121-148 e pp. 163-199, Adunanza del 27 febbraio 1876, Seconda parte della *Tredicesima Rivista*, pp. 317-367, Adunanza del 16 luglio 1876, Terza parte della *Tredicesima Rivista*, pp. 889-921; in *Atti* […], Serie V, Tomo III, (1876-1877), Adunanza del 17 dicembre 1876, Quarta e ultima parte della *Tredicesima Rivista*, pp. 173-236, Indice, pp. 237-239.

(RG14) *Quattordicesima Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie V, Tomo III, (1876-1877) Adunanza del 29 giugno 1877, Prima parte della *Quattordicesima Rivista*, pp. 1147-1178; in *Atti* […], Serie V, Tomo IV, (1877-1878) Adunanza del 15 novembre 1877, Seconda parte della *Quattordicesima Rivista*, pp. 247-278 e pp. 357-388, Adunanza del 26 maggio 1878, Terza ed ultima parte della *Quattordicesima Rivista*, pp. 1069-1088 e pp. 1099-1119, Indice, pp. 1120-1121.

(RG15) *Quindicesima Rivista di giornali*, in *Atti* […], Serie V, Tomo V, (1878-1879), Adunanza del 15 dicembre 1878, pp. 299-345.

Paolo Ballada di Saint Robert e l'*Ipsologista*

Federica Maffioli - Associazione Culturale "Saint Robert" - federicamaffioliarchitetto@yahoo.it
Andrea Ruggeri - Associazione Culturale "Saint Robert" - ruggeriandrea@yahoo.it

Abstract: The count Paolo Ballada de Saint Robert (1815-1888) was an Italian scientist who dealt mainly with mechanics and thermodynamics. Well known also as a distinguished savant and zealous mountaineer, he invented an ingenious sliding rule (the *Hypsologista*) for determining the difference in the height of two stations from a pair of barometer observations, without the necessity of using the tables or making any arithmetical calculations. This sliding rule was also known and appreciated in the Alpine Club of England. Today we have only the description of it but no original copy.
In our talk we describe how Saint Robert arrived to his personal hypsometrical formula (through the observations made by James Glaisher to the barometrical formula, and the Laplace formula) and we explain how his *Hypsologista* was built (the reduction in a sliding rule of a three-variable equation) and how it works (through three examples); these arguments are strictly correlated to the scientist/mountaineer figure of the end of the 19th century and to the first Italian ascent of Mount Viso in August 1863.

Keywords: Hypsologista, Hypsometrical formula, Sliding rule, Scientist mountaineers, Digital reconstruction.

1. Il conte Paolo Ballada di Saint Robert

1.1. Biografia

Il conte Paolo Ballada di Saint Robert nacque a Verzuolo, una cittadina del Piemonte sud occidentale in provincia di Cuneo nel 1815. Frequentò giovanissimo l'Accademia Militare di Torino ottenendo a 18 anni la promozione di luogotenente di artiglieria, primo del suo corso. Professore di balistica nella Scuola di Applicazione d'Artiglieria e Genio di Torino. A 45 anni lasciò inspiegabilmente l'esercito con il grado di tenente colonnello per dedicarsi agli studi delle scienze fisiche e militari.

Nel 1878 si ritirò a Castagnole delle Lanze, vicino ad Asti, dedicandosi ai suoi amati interessi scientifici prima di trasferirsi a Torino dove morì nel 1888.

Socio della Reale Accademia delle Scienze di Torino, della Reale Accademia dei Lincei di Roma, della Società italiana dei XL di Modena e del Regio Istituto Lombardo, fu decorato della Croce al Merito di Savoia.

Personaggio di alto ingegno compì numerosi studi precursori di teorie moderne in diversi campi della Scienza ove ottenne importanti riconoscimenti sia in Italia che all'estero.

I suoi studi sulla balistica, l'artiglieria, la meccanica e l'ipsometria barometrica furono pubblicati in tre volumi dal titolo *Mémoires scientifiques réunis et mis en ordre*.

L'opera più nota, conservata in moltissime biblioteche universitarie e che gli procurò una vasta fama, fu *Principes de thermodynamique* pubblicata a Torino nel 1865 e adottata come libro di testo nelle università inglesi e tedesche.

Si occupò con passione di entomologia e di botanica, raccogliendo un importante erbario ricco di piante estremamente rare. Appassionato alpinista, compì numerose ascese tra le quali la prima italiana al Monviso nel 1863 insieme a Quintino Sella del quale era intimo amico e con il quale fondò il prestigioso Club Alpino Italiano; nel 1885 fu tra i primi italiani ad essere accolto quale membro onorario fra gli amici dell'Alpine Club di Londra.

1.2. La figura dello scienziato alpinista

L'ipsometria, come la botanica, la geologia, la mineralogia, era una delle scienze che venivano indagate durante le escursioni sulle Alpi dai primi esploratori, i cosiddetti "scienziati alpinisti".

A partire dalla seconda metà del XVIII secolo fino alla prima metà del XIX secolo erano tutti scienziati i primi adoratori delle Alpi che erano considerate come un immenso laboratorio a cielo aperto da parte di personaggi come Spirito Benedetto Nicolis di Robilant e Horace-Bénédict de Saussure. Un atteggiamento simile si ritrovava nell'elite scientifica inglese (un nome su tutti quello dello scienziato John Tyndall) dove si coniugava la pratica dell'alpinismo con la ricerca scientifica; questo ambiente costituì un punto di riferimento e di stimolo per la nascente classe dirigente e di intellettuali del giovane Regno d'Italia.

La figura dello scienziato alpinista finì simbolicamente intorno al 1865, anno in cui l'inglese Edward Whymper scalò per primo il Cervino senza intenti scientifici ma solo per il puro piacere dell'impresa sportiva fine a se stessa.

Il Saint Robert rimase invece uno scienziato alpinista fino a che la sua salute gli permise di praticare la montagna; compì numerose salite sulle Alpi occidentali e sul Gran Sasso, accompagnandosi sempre ad altri studiosi al fine di trasformare ogni escursione in una campagna scientifica.

Occasionalmente[1] lo accompagnava il giovane e promettente artista Alberto Maso Gilli (1840-1894) per realizzare splendide tavole illustrate di corredo alle relazioni scientifiche.

[1] Sono presenti tavole autografate dal Gilli nelle pubblicazioni relative alla salita alla Torre d'Ovarda e al Gran Sasso, è molto probabile che lo stesso artista abbia prodotto altre illustrazioni per il Saint Robert e che queste siano andate perse in carteggi manoscritti non più rintracciabili.

2. L' ipsometria e l'*Ipsologista*

2.1. Il contributo del Saint Robert all'ipsometria

Uno degli aspetti che maggiormente catturarono l'interesse del conte fu l'ipsometria, ossia la scienza che si occupa di determinare l'altitudine di un luogo sul livello del mare mediante la misurazione della pressione atmosferica. I primi tentativi in tal senso avvennero nel 1648 ad opera di Blaise Pascal e più tardi, nel 1846, ad opera di Edmund Halley; fondamentale fu il lavoro compiuto da Laplace e la sua formula barometrica che godette di ampio credito fino alla metà del XIX secolo.[2] Negli anni Sessanta dell'Ottocento Paolo Ballada di Saint Robert fu fra i più attivi nello studio e nella divulgazione dell'ipsometria al punto da auspicare (in una sua nota esposta all'Accademia delle Scienze di Torino nel marzo del 1871) una vera e propria diffusione di massa delle campagne di rilevamento ipsometrico, collegandosi al nascente turismo alpino, al fine di migliorare la conoscenza dell'orografia del territorio e la sua restituzione sulle carte geografiche.

Nel 1864 pubblicò i risultati dei propri studi quasi in contemporanea sulle più importanti riviste scientifiche internazionali[3] dell'epoca: l'inglese *Philosohical Magazine* (fra i cui prestigiosi autori troviamo Hamilton, Maxwell, Brewster, Cayley e Tyndall); la rivista francese *Les Mondes* e la più recente italiana *Il Nuovo Cimento*. Da questa massiccia operazione di divulgazione scientifica si percepisce quanto il Saint Robert ritenesse importanti i propri studi e quanto la comunità scientifica europea ritenesse meritevoli della più ampia diffusione le teorie dello scienziato italiano. Il suo contributo all'ipsometria si può sinteticamente ricondurre alle variazioni che egli operò alla formula barometrica di Laplace partendo dai dati raccolti da Glaisher (durante le sue ascese aerostatiche del 1862) ed osservando da questi una decrescita lineare della densità e della temperatura dell'aria con il crescere della quota. Costruì inoltre delle nuove tavole ipsometriche e, consapevole del fatto che non esisteva uno strumento capace di misurare la temperatura reale dell'aria a causa della forte influenza della temperatura del terreno sugli strumenti, propose un metodo per determinare il dislivello fra due punti eliminando l'utilizzo del termometro ed usando solo il barometro, il clinometro e cronometrando il tempo di percorrenza del suono di uno sparo da una delle due stazioni all'altra.

2.2. L'Ipsologista e la sua ricostruzione digitale

Nel 1868 William Mathews (noto alpinista inglese fondatore dell'Alpine Club nonché studioso di ipsometria e topografo) scriveva all'editore dell'*Alpine Journal*:

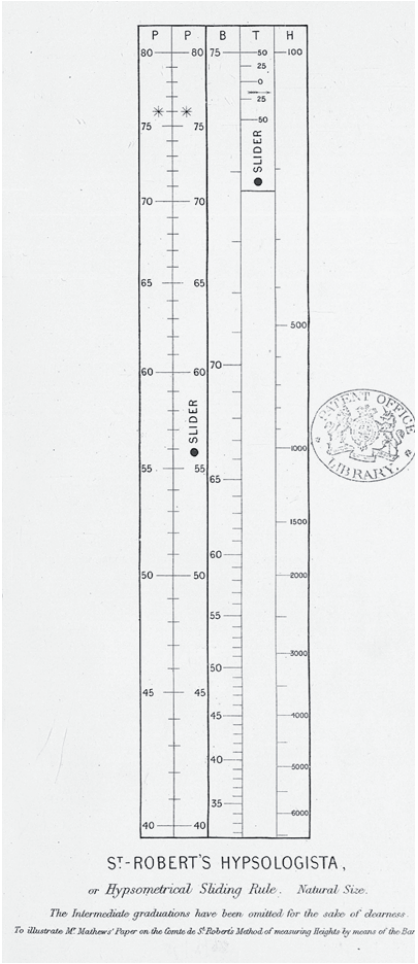
---

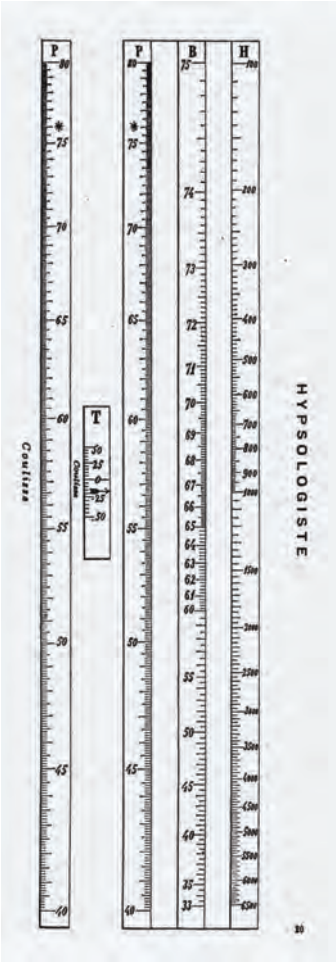
[2] Per una puntuale e dettagliata descrizione dell'evoluzione dell'ipsometria e delle sue principali formule si consiglia la lettura di Stefanini (2013).

[3] Il Saint Robert oltre ad avere una completa padronanza della lingua francese conosceva alla perfezione anche quella inglese, come dimostrato dall'elogio funebre scritto dall'amico William Mathews sul numero di febbraio del 1889 dell'*Alpine Journal*, nel quale si riporta che l'articolo sull'ipsometria poi pubblicato sul *Philosophical Magazine*, venne preventivamente spedito all'amico botanico John Ball per una correzione della traduzione inglese, risultando completamente privo di errori.

> Il conte di Saint Robert […] ha inventato uno strumento ingegnoso per determinare la differenza di elevazione tra due punti per mezzo di due osservazioni barometriche senza l'aiuto di tavole e calcoli aritmetici […] fu chiamato dal suo inventore "Ipsologista di Saint Robert" e consiste in una scala graduata di legno e in due regoli graduati mobili, e per la sua piccola mole (20 cm x 4 cm) può facilmente portarsi in tasca. Mi fu favorito dal signor St. Robert un modello ed una descrizione particolareggiata […] (Mathews 1868, pp. 94-106).

Il Mathews incaricò della costruzione James Joseph Hicks (1837-1916) allievo di Louis Pascal Casella e noto costruttore di strumenti scientifici di Londra. Hicks, oltre a produrlo, ne pubblicò anche un manuale d'uso nel 1865.





Figg. 1-2. Ipsologista rappresentato da J.J. Hicks e dal Saint Robert (queste costituiscono le uniche rappresentazioni esistenti dello strumento)

Una copia di questo manuale l'abbiamo personalmente ritrovata fra gli scaffali di una biblioteca londinese: oltre alla descrizione dell'utilizzo del regolo calcolatore, riporta allegata una tavola grafica (Fig. 1) dello strumento, molto raffinata come disegno ma riportante volutamente delle piccole imprecisioni nelle scale graduate al fine di evitare che si facessero delle copie "non autorizzate" del prezioso strumento. Nel 1874, nel III tomo dei *Mémoires scientifiques réunis et mis en ordre* il Saint Robert dedica un capitolo intero all'*ipsologista*, con una puntuale spiegazione sia del suo utilizzo che della sua costruzione; inoltre anche qui ne troviamo una riproduzione grafica (Fig. 2).

Lo strumento è costituito da due distinte serie di scale logaritmiche incise sul legno: le prime due scale contraddistinte con la lettera P (Proporzione) sono graduate nello stesso modo, ma mentre la prima scala è fissa, la seconda è scorrevole. Il secondo gruppo comprende le scale indicate con le lettere B (che sta ad indicare l'altezza del barometro in cm) T per la temperatura e H per l'altezza; le scale B e H sono fisse mentre la scala T è mobile. Era possibile personalizzare lo strumento con alcune incisioni: nel solco in cui scorre la scala P ad esempio si poteva incidere una scala suddivisa in cm e mm, mentre sul dorso si poteva incidere una tavola delle altitudini inferiori ai 100 metri e a fianco una piccola tavola delle tangenti.

La scala B delle pressioni si estende da 75 a 32 cm ed è graduata su ciascun millimetro da 75 a 65 cm, poi ogni 2 millimetri da 65 a 60 cm e ogni 5 millimetri da 60 a 33 cm. La scala H delle quote si estende da 100 a 6500 metri ed è graduata ogni 10 metri da 100 a 1000 m e poi ogni 50 metri da 1000 a 6500 m. La scala/cursore T si estende da 50° a -50° ed è graduata ogni 5°; questa scala risulta poco dettagliata ed è quindi difficoltoso individuare le temperature intermedie. Inoltre sulla scala T è incisa anche una freccia che ha la funzione di indice.

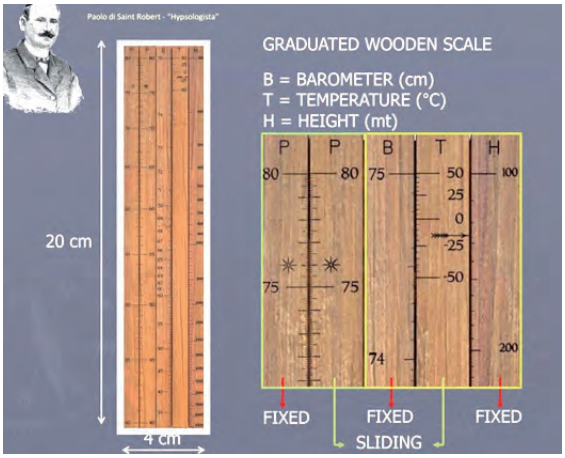


Fig. 3. Ricostruzione digitale dell'Ipsologista

Grazie alle istruzioni ed alle tavole grafiche, utilizzando software Cad e di modellazione tridimensionale, abbiamo realizzato una ricostruzione digitale dello strumento (Figg. 3 e 4)

simile al vero; per la definizione delle scale graduate abbiamo usato la precisione delle scale del Saint Robert adottando però lo stile della versione di Hicks.

Ci piacerebbe a breve produrne qualche esemplare, con la speranza che venga accolto da alcune collezioni di strumenti scientifici e che serva per stimolare il dibattito.

Fig. 4. Ricostruzione digitale dell'Ipsologista

Per mezzo di questo strumento, dopo aver misurato la temperatura e la pressione atmosferica in una data stazione, si possono determinare meccanicamente tre tipologie di problemi:

1. Trovare l'altezza di una stazione al di sopra del livello del mare dal rilevamento della pressione atmosferica e della temperatura. Per risolvere questo problema si devono utilizzare le scale B, T, H. Facendo coincidere la temperatura rilevata con l'altezza del barometro rilevata, la freccia presente sul cursore T va ad indicare l'altezza cercata sulla scala H. Come esempio di applicazione il Saint Robert riporta la determinazione dell'altezza sul livello del mare del monte Monviso in occasione della prima salita italiana avvenuta nel 1863 di cui egli fu, insieme a Quintino Sella, promotore ed organizzatore. Ad un'altezza di barometro rilevata di 48,4 cm e di una temperatura dell'aria di 6°, muovendo il cursore T e facendo coincidere i 6°

con i 48,4 della scala B (Fig. 5) la freccia presente sul cursore T indica l'altezza di 3850 m altezza del Monviso (altezza corretta reale 3842 m).

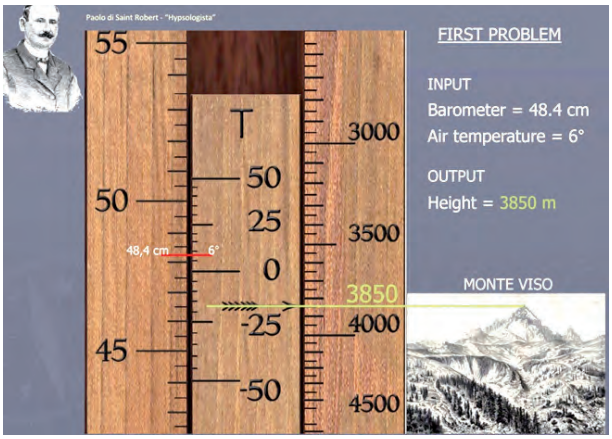


Fig. 5. Determinazione dell'altezza del Monviso

2. Avendo a disposizione l'altezza del barometro e la temperatura dell'aria in una stazione e l'altezza del barometro in una seconda stazione, trovare la differenza di quota tra le due stazioni: per risolvere questo problema devono essere fatte due successive operazioni. La prima consiste nello spostare il cursore P fino a far coincidere l'altezza del barometro della seconda stazione con la divisione 76 cm indicata con un asterisco sulla scala P fissa. A questo punto si legge sulla scala P fissa l'altezza in cm corrispondente all'altezza del barometro rilevata nella prima stazione. Utilizzando il secondo gruppo di scale si sposta il cursore T facendo coincidere la temperatura dell'aria rilevata nella prima stazione con l'altezza del barometro trovata dall'operazione precedente. Il valore indicato sulla scala H dalla freccia presente sul cursore T indica la differenza di quota tra le due stazioni.
3. Data la differenza di quota tra due stazioni e le rilevazioni del barometro e del termometro ad una di esse, trovare il valore del barometro che si avrà all'altra stazione. Per risolvere questo problema incominciamo ad allineare la freccia del cursore T con il valore assoluto della differenza di livello tra le due stazioni sulla scala H. A questo punto sulla scala B si legge il valore che rimane allineato alla temperatura rilevata in una delle due stazioni. Si allinea poi il valore appena trovato sul cursore P con l'altezza barometrica rilevata con gli strumenti riportata sulla scala fissa P. Davanti al valore 76 sulla scala fissa P leggiamo sul cursore P l'altezza barometrica ricercata.

Bibliografia

Dorna A. (1870). "Sulla formola barometrica del Conte Paolo di Saint-Robert". *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 5, pp. 404-425.

Ferrini R. (1866). "Sulla Ipsometria barometrica. Nuova formola e nuovi metodi del conte di S. Robert". *Annuario Scientifico ed Industriale, Anno 2, 1865*, pp.135-146.

Hicks J.J. (1865). *Directions for using the Hypsologista, or hypsometrical sliding rule of the Comte Paul de St. Robert.* London: R. Barrett & Sons.

Mathews W. (1868). "On the Comte de St. Robert's method of measuring heights by means of the barometer". *Alpine Journal*, 4, pp. 94-106.

Saint-Robert P. Ballada Conte di (1864). "Barometrical formula resulting from the Observations made by Mr. James Glaisher in Eight Balloon-Ascents in 1862". *Philosophical Magazine*, 27, pp. 132-140.

Saint-Robert P. Ballada Conte di (1864). "Sur la mesure des hauteurs à l'aide du baromètre". *Les mondes: revue hebdomadaire des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie*, 6, pp. 403-413.

Saint-Robert P. Ballada Conte di (1864). "Formula barometrica ricavata dalle osservazioni del sig. Giacomo Glaisher fatte in otto ascensioni areostatiche nel 1862". *Il Nuovo Cimento*, 20, pp. 142-152.

Saint-Robert P. Ballada Conte di (1864). "On the Measurement of heights by the barometer, and on atmospheric refraction, having regard to the constitution of the atmosphere, resulting from Mr. James Glaisher observations". *Philosophical Magazine*, 27, pp. 401-411.

Saint-Robert P. Ballada Conte di (1866). "Il conte di Saint Robert […] imprende a discorrere intorno ad alcune modificazioni che egli credette doversi introdurre nella formola colla quale si calcolano le altezze sul livello del mare […]". *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 1, pp. 193-203.

Saint-Robert P. Ballada Conte di (1867). "De la résolution de certaines équations à trois variables par le moyen d'une règle glissante". *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 2, pp. 454-455.

Saint-Robert P. Ballada Conte di (1871). "Altezze sul livello del mare di alcuni punti dell'alto Piemonte determinate con il barometro". *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 6, pp. 272-282.

Saint-Robert P. Ballada Conte di (1874). *Table Hypsométrique, pour déterminer* […] *la différence de niveau de deux stations* […], in *Mémoires scientifiques réunis et mis en ordre*, 3, Torino: Bona, pp. 239-258.

Saint-Robert P. Ballada Conte di (1874). *Règle glissante, donnant le différences de niveau mesurées à l'aide du baromètre*, in *Mémoires scientifiques réunis et mis en ordre*, 3, Torino: Bona, pp. 297-315.

Stefanini L. (2013). "Misurare l'altezza delle montagne: il contributo del Conte Paolo Ballada di Saint-Robert", *Giornale di Fisica*, 54 (2), pp. 93-110.

Tra società e scienza. 200 anni di storia dell'Accademia delle Scienze di Torino (1988). Torino: U. Allemandi.

Conflating Mechanics and Thermodynamics in the 1880s Max Planck's Thermo-elasticity

Stefano Bordoni - Università di Bologna - stefano.bordoni2@unibo.it

Abstract: In the 1860s and 1870s, the recently emerged Thermodynamics branched out into two different directions: the refinement of the kinetic theory of gases, and the questionable alliance between mechanical laws and statistical procedures, on the one hand, and the attempt at recasting Thermodynamics in accordance with the mathematical structures of Analytical Mechanics, on the other. Different meanings of the adjective mechanical were at stake. The second approach was developed in different countries of Europe and the United States. In 1880 the young German physicist Max Planck lamented that the theory of mechanical processes, in particular mechanical elasticity, had been put forward without any connection with the thermal properties of bodies, and the thermal actions on them. He aimed at filling the gap between thermodynamics and the theory of elasticity. In the dissertation he published in order to be given the *venia legendi*, he outlined a mathematical theory where the mechanics of continuous media merged with thermal processes. He relied on the two principles of "the mechanical theory of heat", and "specific assumptions on the molecular structure of bodies" were "not necessary". In accordance with this theoretical option, he assumed that isotropic bodies consisted of "continuous matter".

Keywords: Thermodynamics, Mechanics, Elasticity.

1. Introduction

In the last decades of the nineteenth century, electromagnetic theories had already been translated into fruitful technologies, which were deeply transforming the occidental way of life. The new age of electromagnetism, whose symbolic device was the electromagnetic machine, seemed to supplant, at least in part, the old age of smoky thermal engines. Meanwhile, in the 1860s and 1870s, the recently emerged thermodynamics branched out into two different directions: the refinement of the kinetic theory of gases as a questionable alliance between mechanical laws and statistical procedures on the one hand, and the attempt at recasting thermodynamics in accordance with the mathematical structures of analytical mechanics on the other. Thanks to Joseph-Louis Lagrange and his *Mécanique analytique* (1788), mechanics had undergone a meaningful generalisation, and an abstract physical space came to replace the ordinary Euclidean space in the tradition of mathematical physics. In the 1830s

William Rowan Hamilton propounded a very abstract mechanics based on a set of variational principles expressed in generalised coordinates. In 1839, an Irish mathematician and natural philosopher, James MacCullagh, developed a mathematical theory of optics by Lagrangian methods. Another Irish physicist, George Francis FitzGerald, formulated a Lagrangian theory of electromagnetic fields in 1880.[1]

Thermodynamics offered not only new technological improvements but also new theoretical horizons: the widespread philosophical and cosmological debate on the second law, the development of thermochemistry, and a new mathematization of an enlarged physics.[2] Physicists took different theoretical pathways, even though we can single out two main traditions. James Clerk Maxwell and Ludwig Boltzmann pursued the integration of thermodynamics with the kinetic theory of gases, whereas other scientists relied on a macroscopic approach in term of continuous variables, setting aside specific mechanical models. One of the essential features of thermodynamics, the irreversibility of its laws regarding the inversion of time, made it very different from mechanics. The kinetic theory of Maxwell and Boltzmann nevertheless bridged the gap between the mechanical and thermal domains. Toward the end of the century, it was successfully applied to other fields including electromagnetism and radiation (Darrigol, Renn 2003, p. 498, p. 505; Boltzmann 1872, 1877; Maxwell 1860, 1867).

The purpose of this paper is to analyse the more abstract approach to thermodynamics, its roots in Rudolf Clausius's and William Macquorn Rankine's researches in the mid-nineteenth century, and some developments that took place in the 1880s.

In 1854, Rudolf Clausius, who was then teaching at the Royal Artillery and Engineering School in Berlin, stated that the equivalence between heat and work, and "Carnot's proposition" did not necessarily clash, provided that the latter was slightly modified. To the above law of equivalence he associated another law of equivalence, in order to maintain a sort of symmetry in the axiomatic structure of thermodynamics: a law of equivalence between "transformations". He specified that two kinds of transformations were at stake in thermal machines: the transformation of heat into work, and the transformation of an amount of heat, which was stored in the boiler at a high temperature, into heat which is received by the cooler at a low temperature. Clausius pointed out that the two kinds of transformation were tightly linked to each other: the former could not take place without the latter (Clausius 1854, p. 133).

In 1855 Clausius became Professor of mathematical physics at the Zurich Polytechnic. In 1862 he tried to deepen his 1854 approach, and in 1865 he put forward a theoretical synthesis, which soon became well known. In the case of reversible transformations, the quantity dQ/T was "the complete differential" of a new physical entity S (Clausius 1865, pp. 31-33),

[1] For the primary sources, see (Hamilton 1834; MacCullagh 1848; FitzGerald 1880). On Hamilton's equations see (Hankins 1980, pp. XV-XVIII, pp. 61-87, pp. 172-209). On MacCullagh's Lagrangian approach to Optics, and "Fitzgerald's electromagnetic interpretation of MacCullagh's ether", see (Darrigol 2010, pp. 145-154, pp. 157-159).

[2] For the methodological and philosophical debate that stemmed from the second principle of thermodynamics, see (Kragh 2008, chapters 3 and 4).

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

In 1865 Clausius reported that he had been looking for a new word for the entity *S*, a word that would encapsulate the conceptual analogy between the "content of transformation" and the energy *U*. He chose the word *Entropie* as a German transliteration of the Greek *εντροπη'*, whose semantic field contains the meanings of transformation and conversion (Clausius 1865, pp. 34-35).

Clausius's "theory of heat" was "mechanical" in a structural sense: the analogy between mechanics and the science of heat was an analogy between the corresponding laws. The adjective "mechanical" made reference to formal structures rather than specific mechanical models of heat. However, in the last part of his paper, he put forward a remarkable cosmological synthesis: the formal symmetry between energy and entropy was partially broken, and the two laws became fundamental properties of the world as a whole. The following statements are well known:

1. Die Energie der Welt ist constant,
2. Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu.[3]

The tradition of mechanics also offered structural analogies to the Scottish engineer Rankine. In 1855, when he was appointed to the chair of Engineering at Glasgow University, a position he maintained until his death, he had already made meaningful researches in the field of "pure science," in particular in the emerging thermodynamics. In the same year he published a wide-scope memoir, "Outline of the Science of Energetics" in the *Proceedings of the Philosophical Society of Glasgow* (Rankine 1855). According to Rankine, the whole of physics could be unified by the generalisation of the concepts of *Substance*, *Mass*, *Work*, and energy. He insisted that such terms had to be looked upon as "purely abstract" or as "names" which made reference to "very comprehensive classes of objects and phenomena", rather than associated to "any particular object" or "any particular phenomena". He attained a further generalisation by introducing the terms *Accident* and *Effort*. If the former could be identified with "every variable state of substances", the latter was a generalisation of the concepts of force and pressure (Rankine 1855, pp. 214-216).

The concept of work encompassed *accidents* and *efforts*, and was a key concept in Rankine's theory. The new meaning of the word *work* stemmed from the generalisation of the meaning of the words *force* and *displacement*, which corresponded to the new words *effort* and *accident*. The generalisation of the concept of work entailed the generalisation of the concept of energy, which was the core of Rankine's *Energetics*. The concept of *Actual energy* was a generalisation of the mechanical *living force*: it included "heat, light, electric current", and so on. The concept of *Potential energy* was extended far beyond gravitation, elasticity, electricity and magnetism. It included "chemical affinity of uncombined elements", and "mutual actions of bodies, and parts of bodies". In

[3] See (Clausius 1867, p. 44): "The energy of the universe is constant. The entropy of the universe tends to a maximum".

general, work was the result of "the variation of any number of independent accident, each by the corresponding effect" (Rankine 1855, pp. 216-217, p. 222):

$$W = X\,dx + Y\,dy + Z\,dz + ...$$

2. Planck's thermo-elasticity

In 1880, the young German physicist Max Planck was pursuing a slightly different aim. He lamented that the theory of mechanical processes, in particular mechanical elasticity, had been put forward without any connection with the thermal properties of bodies, and the thermal actions on them. He aimed at filling the gap between thermodynamics and the theory of elasticity. In the dissertation *Gleichgewichtzustände isotroper Körper in verschiedenen Temperaturen*, which he published in order to be given the *venia legendi*, he outlined a mathematical theory where the mechanics of continuous media merged with thermal processes. Planck became *Privatdozent* at the University of Munich in 1880, and was appointed as extraordinary professor of physics at the University of Kiel in 1885. In 1889, two years after Kirchhoff's death, he became assistant professor at the University of Berlin, and director of the Institute for Theoretical physics: in 1892 he was appointed ordinary professor (Jungnickel, McCormmach 1986, vol. 2, pp. 51-52, p. 152, p. 254; Gillispie, 1970-80, vol. XI, p. 8).

He relied on the two principles of "the mechanical theory of heat", and "specific assumptions on the molecular structure [*Beschaffenheit*] of bodies" were "not necessary". In accordance with this theoretical option, he assumed that isotropic bodies consisted of "*continuous* matter". The body could be subject to "an external pressure", and the condition of equilibrium was assured by the counteraction of "internal elastic forces". Both mechanical work and heat flow could act on the body: under those actions, both the reciprocal of density (*spezifische Volumen*) and temperature could change from $(v;T)$ to $(v';T')$. In particular the geometrical co-ordinates of a point inside the body underwent a transformation in accordance with the equations

$$x = x_0 + \xi;\ y = y_0 + \eta;\ z = z_0 + \zeta\ ,$$

where x_0, y_0, z_0 are the initial values and ξ, η, ζ the infinitesimal variation. The elastic forces acting on the surfaces parallel to the planes YZ, ZX, and XY were labelled by Planck

$$X = (X_x, X_y, X_z),\ Y = (Y_x, Y_y, Y_z),\ Z = (Z_x, Z_y, Z_z),$$

where $X_y = Y_x, Y_z = Z_y, Z_x = X_z$, "as usually assumed in the theory of elasticity" (Planck 1880, pp. 3-4).[4]

[4] On the developments of the theory of elasticity in the first half of the nineteenth century, see (Darrigol 2002, sections from 2 to 6).

In the internal part of the body, the conditions of equilibrium were

$$\frac{\partial X_x}{\partial x}+\frac{\partial X_y}{\partial y}+\frac{\partial X_z}{\partial z}=0,$$
$$\frac{\partial Y_x}{\partial x}+\frac{\partial Y_y}{\partial y}+\frac{\partial Y_z}{\partial z}=0,$$
$$\frac{\partial Z_x}{\partial x}+\frac{\partial Z_y}{\partial y}+\frac{\partial Z_z}{\partial z}=0,$$

whereas on the external surface they were

$$\Xi+\alpha X_x+\beta X_y+\gamma X_z=0,$$
$$\mathrm{H}+\alpha Y_x+\beta Y_y+\gamma Y_z=0,$$
$$\mathrm{Z}+\alpha Z_x+\beta Z_y+\gamma Z_z=0,$$

where $(\Xi,\mathrm{H},\mathrm{Z})$ were the components of the external force, (α,β,γ) the directive cosines, and $d\Phi=\Xi\cdot d\xi+\mathrm{H}\cdot d\eta+\mathrm{Z}\cdot d\zeta$ the work done by the external force (Planck 1880, pp. 4-6).[5]

The first principle of thermodynamics allowed a unified account of phenomena, and a unified overview on physical space. If $T'=T+\tau$ was the relationship between initial and final temperature in the course of a transformation, Planck specified that, in the end, energy depended on τ and on the derivative of (ξ,η,ζ) with reference to (x,y,z). In particular it depended on the seven new variables τ and Cauchy's six strain components (Planck 1880, pp. 9-10):

$$x_x=\frac{\partial\xi}{\partial x},\quad y_y=\frac{\partial\eta}{\partial y},\quad z_z=\frac{\partial\zeta}{\partial z},$$
$$x_y+y_x=\frac{\partial\xi}{\partial y}+\frac{\partial\eta}{\partial x},\quad y_z+z_y=\frac{\partial\eta}{\partial z}+\frac{\partial\zeta}{\partial y},\quad z_x+x_z=\frac{\partial\zeta}{\partial x}+\frac{\partial\xi}{\partial z}.$$

Cauchy had put forward a two-constant relation between stress and deformation, which is "the one now accepted for isotropic elasticity". In brief

$$\sigma_x=kx_x+K\theta,\quad \sigma_y=ky_y+K\theta,\quad \sigma_z=kz_z+K\theta,$$
$$\tau_{xy}=\frac{k}{2}(x_y+y_x),\quad \tau_{yz}=\frac{k}{2}(y_z+z_y),\quad \tau_{xz}=\frac{k}{2}(z_x+x_z)$$

where k and K are the two elastic constants, and $\theta=\varepsilon_x+\varepsilon_y+\varepsilon_z$ is the unit volume change.

[5] He specified that elastic forces could not rely on "a potential", because "they depended on temperature" (Planck 1880, p. 8).

In 1852 the mathematician and engineer Gabriel Lamé published the first book on the theory of elasticity, *Leçons sur la Théorie Mathématique de l'Élasticité des Corps Solides*. He come to the conclusion that "to determine the elastic properties of an isotropic material, two elastic constants were required." It is worth mentioning that thermo-elastic equations had already been put forward by Duhamel in 1838, and Franz Neumann in 1841, quite before the emergence of thermodynamics (Darrigol 2002, pp. 119-120; Timoshenko 1983,]p. 107, p. 110, pp. 116-117, pp. 242-243; Barus 1905, p. 356).

After having simplified typographically "the dilatation of the unitary volume" by means of a new variable $\Theta = (x_x + y_y + z_z)$, Planck chose an expression for the energy dU of "the element of mass dM" in terms of the new variables:

$$dU = dM\,[const + k \cdot \tau + l \cdot \Theta + \frac{m}{2} \cdot \tau^2 + p \cdot \tau\Theta + \frac{q}{2} \cdot \Theta^2$$
$$+ r \cdot (x_x{}^2 + y_y{}^2 + z_z{}^2) + \frac{r}{2}(x_y{}^2 + y_z{}^2 + z_x{}^2)]\,.$$

The formal structure of entropy was not so different from that of energy:

$$dS = dM\,[const + k' \cdot \tau + l' \cdot \Theta + \frac{m'}{2} \cdot \tau^2 + p' \cdot \tau\Theta + \frac{q'}{2} \cdot \Theta^2$$
$$+ r' \cdot (x_x{}^2 + y_y{}^2 + z_z{}^2) + \frac{r'}{2}(x_y{}^2 + y_z{}^2 + z_x{}^2)]\,.$$

Planck could compare the two expression and the two sets of coefficients by means of the relationship between energy and entropy (Planck 1880, pp. 12-16):

$$dS = \frac{dQ}{T} = \frac{dU - d\Phi}{T}.$$

The comparison gave rise to seven relationships between the derivatives of u and s, namely the densities of energy and entropy:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = T' \frac{\partial s}{\partial \tau},$$
$$\frac{\partial u}{\partial x_x} + v' X_x = T' \frac{\partial s}{\partial x_x},$$
$$\frac{\partial u}{\partial y_y} + v' Y_y = T' \frac{\partial s}{\partial y_y},$$
$$\frac{\partial u}{\partial z_z} + v' Z_z = T' \frac{\partial s}{\partial z_z},$$
$$\frac{\partial u}{\partial x_y} + v' X_y = T' \frac{\partial s}{\partial x_y},$$
$$\frac{\partial u}{\partial y_z} + v' Y_z = T' \frac{\partial s}{\partial y_z},$$

$$\frac{\partial u}{\partial z_x} + v' Z_x = T' \frac{\partial s}{\partial z_x}.$$

The first relationship led to

$$k = Tk', \quad m = Tm' + k', \quad p = Tp'.$$

The second, third and fourth led to

$$X_x = \frac{Tl' - 1}{v} + \frac{l'}{v} \cdot \tau - \frac{(q - l) - T(q' - l')}{v} \cdot \Theta - \frac{2(r - Tr')}{v} \cdot x_x, \tag{1}$$

and similar expressions for Y_y and Z_z. The fifth, sixth and seventh led to

$$X_y = -\frac{r - Tr'}{v} \cdot x_y, \tag{2}$$

and other similar expressions for Y_z and Z_x (Planck 1880, pp. 17-18).

The combinations of coefficients in (1) and (2) could be typographically simplified in accordance with simple physical remarks and the typographical tradition of the theory of elasticity. If the first expression in (1) corresponded to the external pressure, the third expression corresponded to the traditional term λ, whereas the fourth expression in (1) and that in (2) corresponded to the traditional term μ. In brief:

$$P = \frac{Tl' - 1}{v},$$
$$\lambda = \frac{(q - l) - T(q' - l')}{v},$$
$$\mu = \frac{r - Tr'}{v},$$

and therefore (Planck 1880, p. 19):[6]

$$X_x = P + \frac{l'}{v} \cdot \tau - \lambda \cdot \Theta - 2\mu \cdot x_x,$$
$$X_y = -\mu \cdot x_y.$$

Internal energy, entropy, and the specific heats could be expressed in terms of k, λ, μ, and the other coefficient α, which represented "the variation of the specific volume with temperature, at constant pressure", namely

$$\alpha = \left(\frac{v' - v}{T' - T} \right)_P = v \left(\frac{\Theta}{\tau} \right)_P.$$

[6] For the introduction of parameters λ and μ in the theory of elasticity in the first half of the nineteenth century, see (Darrigol 2002, p. 110, p. 113, pp. 122-124).

If $u = k \cdot \tau + \left[\alpha \left(\lambda + \frac{2}{3}\mu \right) T - Pv \right] \cdot \Theta$ and $s = \frac{k}{T} \cdot \tau + \alpha \left(\lambda + \frac{2}{3}\mu \right) \cdot \Theta$, then the constant k could be identified with "the specific heat at constant volume". Planck showed that the specific heat at constant pressure could be expressed by

$$c = k + \alpha^2 \left(\lambda + \frac{2}{3}\mu \right) \frac{T}{v}.$$

In the end (Planck 1880, pp. 21-23),

$$X_x = P + \frac{\alpha(3\lambda + 2\mu)}{3v} \cdot \tau - \lambda \cdot \Theta - 2\mu \cdot x_x .$$

In brief, energy, entropy, and elastic stresses depended on a combination of mechanical and thermal variables, which were multiplied by a combination of mechanical and thermal coefficients In the remaining part of the chapter, Planck showed some applications to specific states of matter: solid bodies, fluid drops, and vapours and gases.

3. Further developments

Two years later, in the paper *Vaporising, melting, and sublimating* (*Verdampfen, Schmelzen und Sublimiren*), he claimed once again that his theoretical approach was based on "the two principles of the mechanical theory of heat", and was "completely independent of any assumption on the internal structure of bodies". In physical-chemical transformations there were "several states corresponding to relative maxima of entropy", but there was only one "stable state of equilibrium", which corresponded to "the absolute maximum of entropy": the others states were nothing more than "unstable states of equilibrium". In the last part of his paper, Planck stressed that his previous statements were pure consequences of a more general law: "in natural processes, the sum of the entropies of the parts of a given body does increase". Only in reversible processes, the entropy would remain unchanged, but those kinds of processes did "not really exist": they could "be looked upon as merely ideal". When a physical system reached the maximum entropy, "no transformation" could "take place any more". The maximum entropy would therefore correspond to "a stable state of equilibrium", and this correspondence between entropy and equilibrium would represent "the best way to base the search for the conditions of equilibrium on rational grounds", both in physics and chemistry (Planck 1882, p. 452, p. 472).[7]

[7] The distinctive feature of an unstable equilibrium was the establishment of "a finite change of state" as a consequence of "an arbitrary small change in external conditions". According to Planck, a specific instance of unstable equilibrium was offered by "explosions in mixtures of gases", where the addition of "a convenient but arbitrary small amount of energy" could trigger off sudden and dramatic transformations (Planck 1882, p. 474).

Planck published a series of papers and essays on thermodynamics between 1880 and 1892. In 1879, in his doctoral thesis, he had stressed that the increase of entropy dealt with all natural processes: in no way was it confined to thermal phenomena. He held the same position on the foundation of thermodynamics for many years. In 1891, in a paper he read at the annual meeting of German scientists, Planck claimed that Maxwell and Boltzmann's skillful "analysis of molecular motion" was not "adequately rewarded by the fruitfulness of the results gained". In particular, he found that the kinetic theory was not at ease with phenomena placed on the borderline between Physics and Chemistry: he did not expect that it could "contribute to further progress" in that field. Similar remarks can be found in the book on the foundation of Thermochemistry Planck published in 1893. As Darrigol and Renn pointed out some years ago, "Helmholtz and Planck preferred a macroscopic approach in terms of differential equations, which involved really observable entities". Nevertheless they had different attitudes with regard to molecular hypotheses: whereas Helmholtz made minimal use of them without denying molecular reality, Planck rejected any form of atomism (Deltete 2012, pp. 3-4; Darrigol, Renn 2003, p. 503, p. 505; Kuhn 1987, p. 22; Born 1948, p. 163).

Bibliography

Barus C. (1905). "The Progress of Physics in the Nineteenth Century". *Science*, 22 (560), pp. 353-369.

Boltzmann L. (1872). "Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen", in Boltzmann (1909), I. Band, pp. 316-402.

Boltzmann L. (1877). "Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung respektive den Sätzen über das Wärmegleichgewicht", in Boltzmann (1909), II. Band, pp. 164-223.

Boltzmann L. (1909). *Wissenschaftliche Abhandlungen*, 3 Bände. Leipzig: Barth.

Born M. (1948). "Max Karl Ernst Ludwig Planck. 1858-1947". *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, 6 (17), pp. 161-188.

Clausius R. (1854). "Ueber eine veränderte Form des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie", in Clausius (1864), pp. 127-154.

Clausius R. (1864). *Abhandlungen über die mechanische Wärmelehre*, erste Abtheilung. Braunschweig: Vieweg.

Clausius R. (1865). "Ueber verschiedene für die Anwendung bequem Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie", in Clausius (1867), pp. 1-44.

Clausius R. (1867). *Abhandlungen über die mechanische Wärmelehre*, zweite Abtheilung. Braunschweig: Vieweg.

Darrigol O. (2002). "Between Hydrodynamics and Elasticity Theory. The First Five Births of the Navier-Stokes Equation". *Archive for History of Exact Sciences*, 56 (2), pp. 95-150.

Darrigol O. (2010). "James MacCullagh's ether. An optical route to Maxwell's equations?". *The European Physical Journal H*, 35, pp. 133-172.

Darrigol O., Renn J. (2003). "La nascita della meccanica statistica", in *Storia della Scienza. L'Ottocento,* vol. VII. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana, pp. 496-507.

Deltete R.J. (2012). "Planck, Ostwald, and the Second Law of Thermodynamics", *HOPOS*, 2 (1), pp. 121-146.

FitzGerald G.F. (1880). "On the Electromagnetic Theory of the Reflection and Refraction of Light". *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 171, pp. 691-711.

Gillispie C.C. (ed.) (1970-80). *Dictionary of Scientific Biography*. New York: Charles Scribner's Sons.

Hamilton W.R. (1834). "On a General Method in Dynamics; […]". *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 124, pp. 247-308.

Hankins T.L. (1980). *Sir William Rowan Hamilton*. Baltimore-London: Johns Hopkins University Press.

Jellet J., Haughton S. (eds.) (1880). *The collected works of James MacCullagh*, Dublin: Hodges, Figgis & Co., London: Longmans, Green & Co.

Jungnickel C., McCormmach R. (1986). *Intellectual Mastery of Nature. Theoretical Physics from Ohm to Einstein*. Two volumes. Chicago: University of Chicago Press.

Kragh H. (2008). *Entropic Creation. Religious Contexts of Thermodynamics and Cosmology*. Farnham: Ashgate.

Kuhn T.S. (1987). *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity 1894-1912*. Chicago: University of Chicago Press.

Lagrange J.L. (1811). *Mécanique analytique*, 2ème édition, tome premier. Paris: Courcier.

MacCullagh J. (1848). "An essay towards a dynamical theory of crystalline reflexion and refraction", in Jellet, Haughton (1880) part 1, pp. 145-184.

Maxwell J.C. (1860). "Illustrations of the Dynamical Theory of Gases". *Philosophical Magazine and Journal of Science,* part I, 19 (January-June 1860), pp. 19-32, part II and part III, 20 (July-December 1860), pp. 21-37. Reprinted in Maxwell (1890), vol. 1, pp. 377-409.

Maxwell J.C. (1867). "On the Dynamical Theory of Gases". *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 157, pp. 49-88. Reprinted in Maxwell (1890), vol. 2, pp. 26-78.

Maxwell J.C. (1890). *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*. Two volumes. Cambridge: Cambridge University Press.

Planck M. (1879). *Über der zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie*. München: T. Ackermann.

Planck M. (1880). *Über Gleichgewichtszustände isotroper Körper in verschiedenen Temperaturen*. München: T. Ackermann.

Planck M. (1882). "Verdampfen, Schmelzen und Sublimieren". *Annalen der Physik und Chemie*, 15, pp. 446-475.

Planck M. (1893). *Grundriss der Allgemeinen Thermochemie*. Breslau: Trewendt.

Rankine W.J.M. (1855). "Outlines of the Science of Energetics". *Proceedings of the Philosophical Society of Glasgow*, 3 (May 1855), pp. 381-399. Reprinted in Rankine (1881), pp. 209-228.

Rankine W.J.M. (1881). *Miscellaneous Scientific Papers*. London: Griffin.

Serrin J. (ed.) (1986). *New Perspectives in Thermodynamics*. Berlin: Springer.

Timoshenko S.P. (1983). *History of Strength of Materials*. New York: Dover.

I viaggi dell'equatoriale di Merz
Le vicende umane e scientifiche che hanno accompagnato il telescopio a Napoli, a Terranova e a Faenza

Francesco Perrotta - INAF-Osservatorio Astronomico di Capodimonte - perrotta@oacn.inaf.it
Mauro Gargano - INAF-Osservatorio Astronomico di Capodimonte - gargano@oacn.inaf.it

Abstract: Fifty years after the inauguration of the Astronomical Observatory of Naples, its telescopes were unfortunately no more up-to-date. Thanks to the funds given by the ministry of Pubblica Istruzione, Ernesto Capocci and Annibale de Gasparis could partially renew the instrumentation buying in 1863 an equatorial refractor by Merz. The telescope, installed in the eastern dome, was used for limited observational campaigns. In 1870 it was moved to Terranova di Sicilia by Arminio Nobile, who participated to the Italian expedition for the solar eclipses of 22 December. Back in Naples, the telescope was rarely used, and dismounted in 1892. At the beginning of the 1920s the Merz telescope gained new attention as Azeglio Bemporad decided to lend it temporarily to Giovanni Battista Lacchini, an amateur astronomer in Faenza. In ten years Lacchini made a long and accurate series of photometric observations of variable stars. The scientific relevance of his researches, and the recommendations of Bemporad and some other astronomers earned him to be hired as astronomer in the Observatory of Catania. «But passion often is not enough». The new director of Capodimonte Luigi Carnera asked back the telescope, and Lacchini sent it reluctantly to Capodimonte. Here it was again underutilized.
Analyzing the documents in the Historical Archives of the Astronomical Observatory of Capodimonte the ups and downs of the Merz refractor, a "travelling" telescope, are recalled.

Keywords: Astronomical Observatory of Capodimonte, Merz telescope, Giovanni Battista Lacchini, Azeglio Bemporad, Luigi Carnera, Arminio Nobile.

1. Il primo telescopio italiano osserva l'eclisse del 1870 in Sicilia

In una fredda mattina del febbraio 1922 il direttore del Real Osservatorio Astronomico di Capodimonte ricevette una lettera spedita pochi giorni prima da Faenza: mittente Lacchini Giovanbattista, impiegato del locale ufficio postale. La missiva confermava l'arrivo nella cittadina emiliana del telescopio rifrattore di Merz, «sano e salvo»

(Lacchini 1922). Era la felice conclusione di una storia iniziata diversi anni prima il cui protagonista era il Merz, il telescopio di Capodimonte che entrava a far parte, sia pure temporaneamente, della strumentazione di un osservatorio amatoriale.

Il rifrattore era stato acquistato da Ernesto Capocci (1798-1864), direttore della Specola Napoletana dal 1833, presso la nota casa G&S Merz di Monaco di Baviera nel 1862. Con la formazione del primo parlamento italiano nel 1861 il brillante astronomo, di idee liberali e dedito alle lettere, e il suo allievo e collega Annibale De Gasparis (1819-1892), celebre in tutta Europa per le sue numerose scoperte di asteroidi, furono nominati senatori del Regno per i loro alti meriti scientifici (Amodeo 1922, pp. 87-112). Loro compagno di scranno e, dal 1862, ministro della Pubblica Istruzione, fu un altro eminente scienziato, il fisico forlivese Carlo Matteucci (1811-1868), noto per i suoi studi sul magnetismo e l'elettrolisi e per essere stato nel 1844 tra i fondatori della rivista *Il Cimento*.

Gli astronomi napoletani, che ad oltre cinquanta anni dall'istituzione dell'Osservatorio a Capodimonte potevano contare per le loro attività osservative sugli stessi strumenti che costituivano la dotazione originaria del 1819, trassero vantaggio dalla vicinanza d'intenti scientifici e politici tra Capocci e Matteucci. Questi, infatti, nel luglio del 1862 concesse all'Osservatorio un contributo di £ 8000, pari a circa € 36.000, per l'acquisto di un nuovo telescopio (Capocci 1862). Tenendo conto del budget a disposizione, Capocci commissionò «un refracteur de 60 lignes d'ouverture monté parallactiquement» (Merz 1862).

Il primo telescopio acquistato con i fondi del neonato Regno d'Italia giunse a Napoli nel novembre del 1863 senza tuttavia ricevere immediata collocazione: Capocci, infatti, si era ritirato nella natia Picinisco «quando in sull'ottobre del 1863 la sua salute cominciò ad essere sofferente» (Del Giudice 1865, p. 25).

Si trattava di uno strumento con montatura equatoriale:

> [dotato di] un obiettivo di 134 mm di diametro e metri 2,20 di distanza focale […] un micrometro filare cui possono adattarsi sei diversi oculari che danno gli ingrandimenti 100, 140, 180, 220, 310, e 350 circa con campi delle seguenti rispettive ampiezze 20', 13', 10', 8', 6' e 4', l'istrumento ha un oculare fornito di micrometro circolare che presenta un ingrandimento di 50 volte, e sei oculari astronomici che ingrandiscono 40, 60, 90, 140, 220, e 310 volte con campi decrescenti da 45 a 8 minuti primi (Fergola 1865, p. 119).

Con la morte di Capocci, il 6 gennaio 1864, De Gasparis fu nominato nuovo direttore di Capodimonte e si preoccupò di far installare il nuovo telescopio. Agli inizi del 1865 fu ultimato l'allestimento della cupola orientale e il telescopio Merz fu sistemato «sopra un piede di legno che posa direttamente sul pavimento della stanza» (De Gasparis 1884, p. 8).

Nel febbraio del 1865 l'astronomo napoletano Emanuele Fergola (1830-1915), «disposto l'asse del cerchio equatoriale prossimamente parallelo all'asse del mondo, [determinò] i principali errori costanti dell'istrumento con osservazioni, vicino al meridiano, di varie stelle principali» (Fergola 1865, p .120). Con le osservazioni di 6 stelle campione, effettuate tra il 18 e il 19 febbraio, Fergola stimò gli errori dello strumento in ascensione retta e declinazione pari a circa 8 e 0,5 volte le rispettive

sensibilità. Con questi risultati le aspettative degli astronomi di Capodimonte nei confronti del nuovo telescopio andarono parzialmente deluse: «[…] nonostante la celebrità dell'Autore, non si è trovato all'altezza della sua fama» (Sulle condizioni s.d.). Risulta quindi comprensibile che in letteratura non ci sia alcun lavoro scientifico basato su osservazioni effettuate con questo strumento fino al 1870. Ma una fortuita concatenazione di eventi riportò il più moderno telescopio d'Italia, dopo l'equatoriale di Merz (1865) dell'Osservatorio di Brera, al centro dell'interesse degli astronomi della collina di Capodimonte.

Nel corso del 1869 tutta la comunità astronomica italiana era attraversata da un grande interesse per l'eclissi di Sole del 22 dicembre dell'anno seguente: difatti i due minuti di totalità sarebbero stati visibili prevalentemente dalla Sicilia. Ciò avrebbe consentito agli astronomi italiani di partecipare alle osservazioni senza essere limitati nella loro operatività dalle croniche ristrettezze di bilancio. Il ministro della Pubblica Istruzione assegnò per la spedizione un budget di £ 30.000, circa € 133.000, gestito da una commissione formata dai direttori degli Osservatori astronomici di Firenze, Milano, Napoli, Padova e Palermo. Dopo accurate valutazioni furono definite due stazioni osservative: una sul versante sud-orientale dell'isola, ad Augusta, l'altra su quello sud-occidentale, a Terranova, l'odierna Gela (Chinnici 2008, pp. 28-36).

La morfologia e la spettroscopia della corona solare furono gli aspetti scientifici su cui la Commissione stabilì di porre l'accento. Per tali studi si decise di usare, prevalentemente, strumenti già in possesso degli Osservatori Astronomici, adattandoli ove necessario. L'equatoriale di Fraunhofer da 17,5 cm dell'Osservatorio di Capodimonte fu lo strumento che De Gasparis propose alla Commissione. Inoltre si decise di far realizzare alla ditta "Secretan" di Parigi la nuova montatura al costo di £ 8000, ossia oltre un quarto della somma complessiva a disposizione dell'impresa. Inoltre fu acquistato presso la ditta Merz uno spettroscopio a visione diretta (Nobile 1871, pp. 31-33).

La commissione ebbe anche il compito di selezionare gli astronomi che avrebbero preso parte alla spedizione e assegnare loro gli incarichi. Per Capodimonte la scelta cadde su Arminio Nobile (1838-1897) a cui fu affidato il compito di eseguire osservazioni spettroscopiche della corona insieme a Giuseppe Lorenzoni (1843-1914), professore di astronomia e geodesia all'Università di Padova.

La guerra franco-prussiana, scoppiata nel luglio del 1870, intervenne tuttavia a sconvolgere i piani della spedizione, ed è lo stesso Arminio Nobile che illustra, in una lettera al direttore di Palermo datata 15 ottobre 1870, gli sviluppi infausti della situazione:

> E prima d'ogni altra cosa debbo dirle esser molto difficile che io possa far la parte assegnatami; cioè l'osservazione dello Spettro della Corona poiché, causa la guerra, l'apparato di Zollner che il Merz avrebbe dovuto mandare da qualche tempo, non è venuto e probabilmente non verrà per ora. Nemmeno posso portare il Refrattore di 7 pollici perché i suoi cerchi che si mandarono a dividere al Steinheil a Parigi sono rimasti assediati in quella città. […] il Cav. De Gasparis ha disposto che io porti il rifrattore di Merz di 5 pollici che è discretamente buono. La mia parte adunque sarà la misura micrometrica di talune delle protuberanze (dico talune pel tempo

> brevissimo che vi è) e tutto quello che si può fare senza spettroscopio, ed a questo oggetto domani andrò a Roma a parlare al Secchi di questa faccenda (Nobile 1870).

Nobile fu quindi costretto ad una soluzione di ripiego, lontana dal progetto iniziale e, grazie a uno «spettroscopio combinato occasionalmente ed in tempo brevissimo mercé un prisma gentilmente prestatomi dal P. Secchi» (Nobile 1870), riuscì comunque a definire un buon programma di osservazioni. L'astronomo napoletano si imbarcò con la strumentazione sul piroscafo "Il Plebiscito" a metà novembre 1870 alla volta di Terranova.

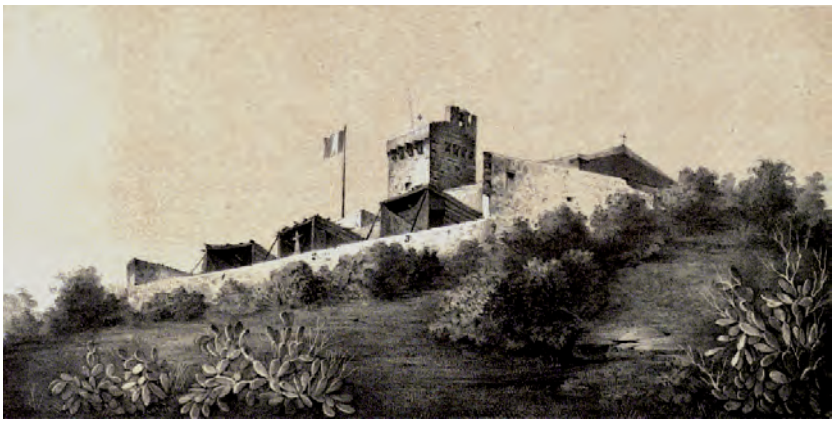


Fig. 1. La stazione osservativa di Terranova; il numero 2 indica il padiglione riservato a Nobile e Merz (Cacciatore, Santini 1872)

Qui si ritrovò con Lorenzoni e altri giovani astronomi, come Diamilla-Müller (1826-1908) e Tacchini. Pietro Tacchini (1838-1905), già direttore dell'Osservatorio di Modena e dal 1863 astronomo a Palermo, scriveva quasi quotidianamente al suo direttore per tenerlo al corrente di quanto accadeva nella stazione osservativa. Nelle sue lettere Tacchini ribadiva la preoccupata convinzione delle scarse capacità di Nobile di contribuire al successo dell'impresa per la sua totale inesperienza nel campo della spettroscopia: «credo che non conchiuderà nulla […] perché il Nobile ne sa proprio poco» (Tacchini 1870). E invece l'astronomo napoletano, con l'aiuto di Augusto Witting (1846-1924), sottotenente di vascello della Regia Marina, riuscì a regolare il telescopio in tempo utile e osservò una caratteristica brillante nello spettro coronale, una riga d'emissione a 5303 Å, «che coincide con una di quelle di ferro» (Nobile 1871, pp. 31-33). La misura venne confermata dalle osservazioni fatte ad Augusta dal barnabita napoletano Francesco Denza (1834-1894). Un buon risultato, viste le premesse, anche se la misura in sé non faceva altro che confermare la scoperta fatta l'anno precedente dall'americano Charles Young (1834-1908).

Prima della totalità Nobile aveva inoltre puntato il telescopio «su i cuspidi prodotti dalla Luna sul Sole» (Nobile 1871, p. 32) e aveva notato una serie di righe, tra queste le Hα, Hβ e NaI:

> di certo […] più di quaranta […] cosicché in un altro eclisse anche parziale ma abbastanza forte, si potranno, nei cuspidi, misurare le posizioni di molte linee brillanti appartenenti alle protuberanze, senza che si sia obbligati a far tutto durante la totalità (Nobile 1871, p. 32).

Un risultato importante per la possibilità di compiere misure spettrali della corona anche in luoghi e circostanze diverse da quelle strettamente legate alle fasi di totalità dell'eclisse di Sole (Capaccioli, Galano 2012, pp. 85-103).

Conclusa l'impresa siciliana, il telescopio equatoriale di Merz fu ricollocato nella cupola est a Capodimonte e fu utilizzato quasi esclusivamente da Nobile, l'unico a conoscerne i "segreti", per alcune osservazioni di sistemi stellari multipli. L'installazione, nel 1883, dell'equatoriale di Dollond da 17,5 cm, donato dal mecenate inglese George Bishop (1745-1861), fece dimenticare del tutto il rifrattore di Merz, ormai non più utilizzato. Infine, nel 1892, venne smontato per far posto allo strumento zenitale di Wanshaff, fatto acquistare dal nuovo direttore di Capodimonte, Emanuele Fergola, per uno studio sulle variazioni di latitudine condotto insieme all'Osservatorio del Columbia College di New York.

2. La seconda vita del telescopio Merz a Faenza

Nel 1912 il senese Azeglio Bemporad (1875-1945) fu nominato direttore di Capodimonte. Convinto sostenitore della «Nuova Astronomia», l'astrofisica, Bemporad non ebbe vita facile dovendo aspramente contrastare l'ambiente scientifico e accademico napoletano ancora legato alle antiche ricerche di meccanica celeste e di astronomia posizionale.

Nel 1914 iniziò la corrispondenza tra Bemporad e Giovanbattista Lacchini (1884-1967). Appassionato di astronomia sin da ragazzo, l'astrofilo faentino si era dedicato allo studio delle stelle variabili, entrando in contatto con altri astronomi non professionisti, sia italiani che stranieri. Nella sua casa di corso Garibaldi a Faenza, Lacchini aveva costruito un primo rudimentale osservatorio su un ballatoio di legno, ma le sue osservazioni erano di scarsa qualità a causa dell'eccessiva illuminazione cittadina. Nel 1912 era stato tra i fondatori della AAVSO (American Association of Variable Stars Observers), l'associazione che raccoglie e pubblica le osservazioni di stelle variabili.

Non ci sono noti i motivi che indussero Lacchini a contattare Bemporad. Dalle lettere più antiche conservate nell'Archivio Storico dell'Osservatorio di Capodimonte si evidenzia una corrispondenza legata al prestito di pubblicazioni e di testi di astronomia e alla richiesta di consigli sulle migliori metodologie di osservazione e su alcuni passaggi matematici per la riduzione dei dati. Nel corso di una sua visita a Capodimonte, forse nel 1914, Lacchini poté usare alcuni dei telescopi di Dollond della Specola napoletana e azzardò l'ipotesi di averne uno in prestito, «il più piccolo dei due […] il Dollond di 9 cm […] montato su [un] piccolo treppiede piuttosto sgangherato!» (Lacchini 1914). La richiesta di Lacchini fu accolta con favore da Bemporad, ma non ebbe seguito. Le lacune del carteggio non permettono di spiegarne i motivi.

Lo scoppio della Prima guerra mondiale influì negativamente sulle attività dell'Osservatorio di Napoli e dello stesso Lacchini. Fu solo nel maggio del 1917 che Lacchini provò a sottoporre nuovamente all'attenzione di Bemporad la sua richiesta, ma stavolta la risposta di Bemporad non lasciò adito a speranze: il cannocchiale era stato ceduto «[…] al laboratorio di precisione d'artiglieria a Roma e naturalmente non lo rivedremo più […]. In conclusione io sono dispiaciutissimo di non poterla contentare» (Bemporad s.d.). Terminata la guerra, Lacchini, intenzionato ad acquistare un telescopio dalla ditta Merz da 108 mm di apertura, scrisse ancora una volta a Bemporad chiedendo in prestito un fotometro «oppure un micrometro per qualche misura di posizione ecc. E così chissà che non possa anche sperare di ottenere di essere alleviato di qualche spesa» (Lacchini 1919a). Per alloggiare in modo adeguato il nuovo strumento, Lacchini decise di trasformare una sua casa di campagna, nei pressi di borgo Durbecco, in stazione osservativa. Il compositore faentino Lamberto Caffarelli (1880-1963) gli suggerì il nome del nuovo osservatorio: "Urania Lamonia", legando la musa dell'astronomia e il fiume di Faenza: il Lamone. La località gli offriva ottime condizioni di osservabilità:

> […] posso vedere con sicurezza stelle di 13° gr nella scala di Harvard: presso U Geminorum vedo distintamente la stella x (gr 13.3) e quella I (gr 13.3) presso SS Aurigae (stelle di cfr. usate da Harvard (Lacchini 1920a).

Ma Bemporad aveva in mente qualcosa di ben più allettante per Lacchini, offrendogli l'inoperoso cannocchiale di Merz. La sorpresa e l'entusiasmo dell'astrofilo faentino traspaiono dalla risposta al direttore di Capodimonte: «Ella mi parla di un equatoriale di 15 cm! Quello sarebbe un gran bell'istrumento per me» (Lacchini 1919b).
Il 1° dicembre 1919 Bemporad richiese al Ministero della Istruzione il nulla osta al trasferimento dello strumento:

> Il sig. G.B. Lacchini, ufficiale postale a Faenza e a tempo avanzato distinto astronomo, noto ed attivissimo membro della «American Association of Variable Star Observers», autore di pregiati lavori nei Contributi di questo Osservatorio e nelle Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani, ha chiesto in prestito l'equatoriale di Merz di 15 cm di apertura, adattissimo per il genere di lavori nel quale il medesimo Lacchini ha acquistato meritata fama. Lo strumento giacendo qui inoperoso, per mancanza di personale adatto […] il sottoscritto […] prega la E.V. di voler concedere il nulla osta per questo prestito e per la spedizione da farsi a carico di questo istituto, che non è meno interessato del Sig. Lacchini alla osservazione sistematica delle stelle variabili (Bemporad 1919a).

Il 19 dicembre 1919 il Ministero dell'Istruzione, «atteso lo scopo della richiesta, il vantaggio che può derivarne agli studi astronomici» (Lettera del Ministro, 1919), diede il nullaosta al trasferimento, subordinandolo ad una precisa condizione: il telescopio doveva essere consegnato ad un ente statale che lo avrebbe poi messo a disposizione dell'astrofilo faentino. Il 25 dicembre Bemporad informò Lacchini, definito «Direttore dell'Osservatorio astronomico di Faenza» (Bemporad 1919b), delle condizioni dettate dal Ministero e gli suggerì di prendere contatti con il Museo della Ceramica di Faenza, cosa

che Lacchini fece senza indugio. Il direttore della Real Scuola, cui il museo era annesso, Gaetano Ballardini (1878-1953), fissò la suddivisione delle responsabilità, sottolineando che Lacchini sarebbe stato l'unico a utilizzare il telescopio e «ben fermo che nessuna responsabilità può derivare a questo Istituto» (Ballardini 1920). Una formula ambigua che lasciava aperta la questione su chi fosse il responsabile dello strumento: l'astronomo Lacchini o la Scuola di Ceramica cui era affidato formalmente il telescopio?

Le speranze di Lacchini di ricevere quanto prima lo strumento, magari «entro maggio quando cioè sarà pronto l'alloggio» (Lacchini 1920b), si spensero ben presto: lo smontaggio e la sistemazione nelle casse del telescopio andarono per le lunghe, mentre le esauste finanze di Lacchini gli imposero, per risparmiare sulla manodopera, di dedicarsi personalmente ai lavori di completamento dell'osservatorio.
Non conosciamo i motivi di tanto ritardo nella spedizione del telescopio napoletano. Possiamo ipotizzare che Bemporad abbia voluto verificare le reali condizioni dello strumento, delle sue ottiche e dei suoi meccanismi inutilizzati da quasi venti anni.

Fig. 2. Il telescopio di Merz alloggiato da Lacchini nel suo osservatorio di Faenza (Archivio fotografico dell'AAVSO)

Finalmente all'inizio del 1922 il telescopio fu spedito a Faenza, tant'è che il 10 febbraio Lacchini scrisse a Bemporad che «Il Merz è giunto sano e salvo ed è ormai montato» (Lacchini 1922). Con l'equatoriale di Merz a disposizione, Lacchini si immerse sempre di più nelle osservazioni delle variabili in quell'osservatorio «che mi costò circa £ 3000» (Lacchini 1924).

Sette anni dopo, per l'interessamento, oltre che di Bemporad, di Giorgio Abetti (1882-1982), direttore ad Arcetri, Emilio Bianchi (1875-1941), direttore di Brera, e Vincenzo Cerulli (1859-1927), direttore di Collurania e presidente della Società Astronomica Italiana, Lacchini coronò il suo sogno di entrare nel mondo dell'astronomia "ufficiale" ottenendo l'incarico di astronomo presso l'Osservatorio di Catania dove partecipò ai lavori del Catalogo Astrofotografico.

Alla partenza di Lacchini da Faenza il telescopio di Merz fu affidato a Domenico Benini (1896-1948), ragioniere e astrofilo, a Mario Ancarani (1904-1990), insegnante di scienze al Liceo Torricelli di Faenza e a Tino Gallanti, aiutati da Bianca Rosa, figlia di Lacchini. Nel decennio 1923-1933 l'attività osservativa degli astrofili faentini condotta con il telescopio napoletano si può riassumere con la statistica delle osservazioni pubblicate dalla rivista *Popular Astronomy* (la nota rivista statunitense per astrofili che tanta parte ebbe nello sviluppo dello studio amatoriale delle variabili): 10.022 osservazioni, di cui oltre 6000 fatte dallo stesso Lacchini, di circa 200 stelle variabili. Aggiungendo al telescopio di Merz «un cannocchiale di guida avente l'apertura di 60 mm e la distanza focale di m. 1,10», Lacchini ottenne, inoltre, «fotografie del Sole ad ingrandimento diretto e di eclissi di Luna» (Lacchini 1933a).

3. Il difficile ritorno a Napoli del Merz

Nel marzo del 1933 Lacchini, trasferitosi da tre anni all'Osservatorio di Torino, fu raggiunto da una breve quanto inequivocabile richiesta da parte del nuovo direttore dell'Osservatorio di Capodimonte, Luigi Carnera (1875-1962):

> […] mi rivolgo a Lei […] perché al più presto possibile abbia ad esser restituito franco di spese lo strumento avuto a prestito, avendone noi assoluto bisogno per i nostri lavori (Carnera 1933a).

In quel momento storico, l'Osservatorio napoletano non versava in favorevoli condizioni tanto da potersi privare anche di «quel misero strumentino»: «non vi è in Italia alcun altro Osservatorio tanto povero di strumenti» (Carnera 1933b). Guido Horn D'Arturo (1889-1967), l'astronomo di Bologna che a suo tempo aveva presenziato alla consegna del telescopio a Faenza, tentò una mediazione offrendo di trasferire a Napoli un cannocchiale dell'Osservatorio di Bologna di 110 mm di apertura, lasciando agli astrofili romagnoli il telescopio di Merz. Ovviamente lo scambio non fu accettato dal direttore di Capodimonte. Fu l'inizio di un lungo carteggio tra Lacchini, Carnera, la Scuola di Ceramica e il Ministero dell'Istruzione. Un carteggio contrassegnato da una crescente durezza verbale, alle volte mista ad arguzia: Carnera accusava Lacchini di trattarlo con leggerezza: «Ella ignora […] che il Direttore a Capodimonte sono proprio io» (Lacchini 1933b); e Lacchini che replicava con non minor morbidezza: «Ho riletto le mie lettere ed ho visto che in calce c'è bene scritto Al Prof. Luigi Carnera, Direttore del R. Osservatorio Astronomico di Capodimonte!» (Lacchini 1933b). Allora Carnera scrisse alla Scuola di Ceramica, chiedendo fermamente che il cannocchiale tornasse a Napoli, essendo venute a

mancare le due condizioni iniziale del prestito: «[che] lo strumento servisse al Signor Lacchini […] e che del detto strumento non si avesse bisogno a Napoli» (Carnera 1933b). La risposta di Ballardini fu altrettanto ferma: la Scuola era stata «pregata da codesto Reale Osservatorio, di prestarsi alla formalità di ricevere in consegna lo strumento» (Ballardini 1933), pertanto non poteva accollarsi alcuna responsabilità aggiuntiva o alcun aggravio economico per il rientro del telescopio.

Fig. 3. Il telescopio Merz restaurato ed esposto nel Museo dell'Osservatorio di Capodimonte

Iniziò, così, un estenuante balletto delle responsabilità appesantito da continui richiami burocratici. Si andò avanti tra alterne vicende sino alla metà del 1934, quando Ballardini fu pronto a spedire le casse a Napoli, previa «dichiarazione di esonero mio e dell'Istituto da ogni responsabilità anche in riguardi dei superiori» (Ballardini 1934). Carnera andò su tutte le furie. Rivendicando rispetto per il suo ruolo di direttore di Osservatorio «non fosse per altro che per il grado gerarchico superiore», Carnera accusò Ballardini di dubitare «della [sua] onestà non fidandosi di inviare una cassa!» (Carnera 1934a). Lo stesso giorno il direttore dell'Osservatorio napoletano rimise l'intera questione nelle mani del Ministero dell'Istruzione. Il 19 agosto il Ministero ordinò perentoriamente l'immediata spedizione del telescopio da Faenza e il giorno successivo, in presenza di «Paolo Galli, Segretario On. del Consiglio d'Amministrazione della R. Scuola di Ceramica, Gian Battista Lacchini, Astronomo di Faenza, Rag. Domenico Benini, di Faenza, Giuseppe Liverani, Conservatore delle collezioni d'arte del Museo delle Ceramiche di Faenza» (Verbale 1934), furono sigillate e spedite le cinque casse contenenti il telescopio, la montatura e gli oculari.

Il 30 settembre 1934 Carnera comunicò alla Scuola di Ceramica l'arrivo delle casse e rilasciò inoltre la dichiarazione tanto attesa a Faenza: «Devesi considerare sollevata da ogni impegno e responsabilità tanto Codesta Spett. Direzione, quanto i Signori Lacchini e Benini, che poteva derivare dal prestito fatto» (Carnera 1934b).

Finalmente la questione poteva considerarsi conclusa.

Ritornato a Napoli, il telescopio non ebbe la stessa fortuna e la gran considerazione degli astronomi di "Urania Lamonia". Come una nemesi storica, le vicende del telescopio di Merz, cominciate di fatto con l'osservazione dell'eclisse di Sole del 1870, si chiusero l'8 gennaio 1936 con l'osservazione dell'eclissi totale di Luna. Maria Viaro (1907-?), prima astronoma di Capodimonte, impiegò l'equatoriale di Merz per misurare «gli istanti di alcune occultazioni stellari» (Carnera 1936, pp. 7-9). In seguito il telescopio fu montato nella cupola nord dotato di un nuovo moto orario e attrezzato di un obiettivo astrofotografico a grande campo di tipo militare per alcuni studi di oggetti transienti. Ma oramai, per la sua obsolescenza tecnica, l'equatoriale di Merz era inesorabilmente destinato all'oblio. Soltanto nel 2008 il primo telescopio italiano è stato completamente restaurato, restituendogli l'antico splendore dell'ottone dei meccanismi e il calore del mogano del tubo, ed è stato sistemato nel nuovo Museo degli Strumenti Astronomici.

Bibliografia

Amodeo F. (1922). "L'Osservatorio Astronomico, Capocci, De Gasparis ed altri […]". *Atti dell'Accademia Pontaniana*, vol. 52, pp. 87-112.

Cacciatore G., Santini G. (a cura di) (1872). *Rapporti sulle osservazioni dell'ecclisse totale di Sole del 22 dicembre 1870 […]*. Palermo: Stabilimento Tipografico Lao.

Capaccioli M., Galano S. (2012). *Arminio Nobile e la misura del cielo*. Milano: Springer.

Carnera L. (1936). "Eclisse totale di Luna dell'8 gennaio 1936. Osservazioni fatte nel R. Osservatorio Astronomico di Capodimonte". *Rendiconto dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche. Società Reale di Napoli*, serie 4, vol. 6, pp.7-9.

Chinnici I. (a cura di) (2008). *L'eclisse totale di sole del 1870 in Sicilia. Lettere di Pietro Tacchini a Gaetano Cacciatore*. Palermo: INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo.

De Gasparis A. (1884). *Sullo stato del R. Osservatorio di Capodimonte e sui lavori in esso eseguiti dal 1819 al 1883*. Napoli: Tipografia dell'Accademia Reale delle Scienze.

Del Giudice F. (1865). "De' lavori accademici dell'anno 1864". *Atti del R. Istituto d'Incoraggiamento alle Scienze Naturali Economiche e Tecnologiche di Napoli*, serie 2, vol. 2, pp. 11-27.

Fergola E. (1865). "Determinazione degli errori costanti dell'equatoriale di Merz esistente nella R. Specola di Napoli". *Rendiconto dell'Accademia delle scienze fisiche e matematiche di Napoli*, vol. 4, pp. 119-124.

Nobile A. (1871). "Relazione compendiata delle osservazioni fatte durante l'ecclisse totale di sole del 22 dicembre 1870". *Rendiconto dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli*, vol. 10, pp. 31-33.

Fonti d'archivio

Abbreviazioni
AB: Azeglio Bemporad
AS: Attività Scientifica
ASNA: Archivio di Stato di Napoli
ASOC: Archivio Storico dell'Osservatorio Astronomico di Capodimonte
ASPA: Archivio Storico dell'Osservatorio Astronomico di Palermo
CP: Corrispondenza Privata
FA: Fondo degli Astronomi
GC: Gaetano Cacciatore

Ballardini G. (1920). Lettera di G. Ballardini a A. Bemporad, Faenza 10 febbraio 1920. ASOC, *AS*, *Strumenti*, B. 1, f. 8.

Ballardini G. (1933). Lettera di G. Ballardini a L. Carnera, Faenza 3 maggio 1933. ASOC, *AS, Strumenti*, B. 1, f. 8.

Ballardini G. (1934). Lettera di G. Ballardini a L. Carnera, Faenza 4 luglio 1934. ASOC, *AS, Strumenti*, B. 1, f. 8.

Bemporad A. (s.d.). Minuta di A. Bemporad a G.B. Lacchini, [s.d.]. ASOC, *CP*, *AB*, B. 1, f. 1.

Bemporad A. (1919a). Lettera di A. Bemporad al Ministro dell'Istruzione, Napoli 1 dicembre 1919. ASOC, *AS*, *Strumenti*, B. 1, f. 8.

Bemporad A. (1919b). Minuta di A. Bemporad a G.B. Lacchini, Napoli 25 dicembre 1919. ASOC, *AS*, *Strumenti*, B. 1, f. 8.

Capocci E. (1862). Lettera di E. Capocci al Ministro della Pubblica istruzione, Napoli 6 settembre 1862. Archivio di Stato di Napoli, *Ministero della Pubblica Istruzione*, B. 694/I.

Carnera L. (1933a). Lettera di L. Carnera a G.B. Lacchini, Napoli 24 marzo 1933. ASOC, *AS, Strumenti*, B. 1, f. 8.

Carnera L. (1933b). Lettera di L. Carnera a G. Ballardini, Napoli 25 aprile 1933. ASOC, *AS, Strumenti*, B. 1, f. 8.

Carnera L. (1934a). Lettera di L. Carnera a G. Ballardini, Napoli 4 agosto 1934., ASOC, *AS, Strumenti*, B. 1, f. 8.

Carnera L. (1934b). Lettera di L. Carnera a G. Ballardini, Napoli 30 settembre 1934. ASOC, *AS, Strumenti*, B. 1, f. 8.

Lacchini G.B. (1914). Lettera di G.B. Lacchini a A. Bemporad, Faenza 31 ottobre 1914. ASOC, *AS*, *Strumenti*, B. 1, f. 8.

Lacchini G.B. (1919a). Lettera di G.B. Lacchini a A. Bemporad, Faenza 29 settembre 1919. ASOC, *CP*, *AB*, B. 1, f. 1.

Lacchini G.B. (1919b). Lettera di G.B. Lacchini a A. Bemporad, Faenza 27 novembre 1919. ASOC, *CP*, *AB*, B. 1, f. 1.

Lacchini G.B. (1920a). Lettera di G.B. Lacchini a A. Bemporad, Faenza 20 gennaio 1920. ASOC, *CP, AB,* B. 1, f. 2.

Lacchini G.B. (1920b). Lettera di G.B. Lacchini a A. Bemporad, Faenza 29 marzo 1920. ASOC, *CP, AB,* B. 1, f. 2.

Lacchini G.B. (1922). Lettera di G.B. Lacchini a A. Bemporad, Faenza 10 febbraio 1922. ASOC, *CP*, *AB*, B. 1, f. 1.

Lacchini G.B. (1924). Lettera di G.B. Lacchini a A. Bemporad, Faenza 26 marzo 1924. ASOC, CP, AB, B. 2, f. 1.

Lacchini G.B. (1933a). Lettera di G.B. Lacchini a L. Carnera, Pino Torinese, 29 marzo 1933. ASOC, *AS, Strumenti*, B. 1, f. 8.

Lacchini G.B. (1933b). Lettera di G.B. Lacchini a L. Carnera, Pino Torinese 28 aprile 1933. ASOC, *AS, Strumenti*, B. 1, f. 8.

Merz G&S (1862). Lettera di Merz a E. Capocci, Monaco di Baviera 5 settembre 1862. ASOC, *AS*, *Strumenti*, B. 1, f. 8.

Lettera del Ministro dell'Istruzione ad A. Bemporad, Roma 19 dicembre 1919 (1919). ASOC, *AS*, *Strumenti*, B. 1, f. 8.

Nobile A. (1870). Lettera di A. Nobile a G. Cacciatore, Napoli 15 ottobre 1870. ASPA, *FA*, *GC*, B. 85, f. 14.

Sulle condizioni della R. Specola di Capodimonte, rapporto al Municipio di Napoli (s.d.). ASOC, Amministrazione, Relazioni, B. 1, f. 1.

Tacchini P. (1870). Lettera di P. Tacchini a G. Cacciatore, Terranova 6 dicembre 1870. ASPA, *FA*, *GC,* B. 85, f. 14.

Verbale di chiusura delle casse contenente un cannocchiale a montatura equatoriale appartenente al r. osservatorio astronomico di Capodimonte e trasferito temporaneamente alla r. scuola di ceramica, Faenza 20 agosto 1934 (1934). ASOC, *AS, Strumenti*, B. 1, f. 8.

The Interplay of Theoretical Assumptions and Experimental Practice in the History of 20th-Century Ether-Drift Experiments

Roberto Lalli - Max Planck Institute for the History of Science - rlalli@mpiwg-berlin.mpg.de

Abstract: Historians of physics have paid great attention to the history of the Michelson-Morley experiment and its repetitions in order to elucidate their role in the genesis and widespread acceptance of the theory of special relativity (SRT). This narrow focus of investigation has established a historiographical tradition that looks at the ether-drift experiments from a perspective interested especially in their theoretical interpretations and in the conceptual controversies they sparked. In his examination of Michelson's research activities, the historian of science Richard Staley has held a different perspective exploring the broad network of interests and intellectual commitments that shaped Michelson's early work on the ether-drift experiments. Staley maintains that in order to understand Michelson's contributions it is essential to take into consideration historical issues specifically belonging to the experimental life, such as the relationships with instrument makers and the developments of measuring techniques. In the present paper, I develop Staley's approach focusing on the set of cultural and social stimuli underlying the work of the experimenters who either performed Michelson-Morley-type experiments or conceived novel kinds of ether-drift experiments during the 20th century. I will show that in the experimenters' view of the ether-drift experiments, theoretical commitments were inextricably connected with different factors related to the fragile equilibrium between innovations and traditions in experimental practice as well as in instrument making. I argue that the analysis of such interconnections is indispensable to write a full-fledged history of the 20th-century ether-drift experiments. As a first step in this direction, a survey of the ether-drift experiments and their relationships with both theoretical assumptions and changing experimental practice is exposed. I will show the usefulness of this approach in relation to the analysis of the controversies surrounding the well-known positive ether-drift effect obtained by Dayton C. Miller in the early 1920s.

Keywords: Special Relativity Theory, Experimental practice, Michelson-Morley experiment, Kennedy-Thorndike experiment, Sagnac effect.

1. Introduction

Ether-drift experiments are among the most discussed topics in history of modern physics. Several scholars of different disciplines have explored the role played by the Michelson-Morley experiment (MM) in the genesis and widespread acceptance of Einstein's theory of special relativity (SRT). The general issues these studies have been focusing on concerned the relationship between experimental results and great conceptual changes from different perspectives: historical, epistemological, and sociological (Grünbaum 1961; Holton 1969; Miller 1981; Stachel 1987; van Dongen 2009).

A similar set of questions also shaped the historical scrutiny of the repetitions of the MM experiment performed through the 1920s. The dismissal of the spurious positive result obtained by the American experimental physicist Dayton C. Miller in his repetition of the MM experiment has been considered an important case study to investigate the dynamical and complex relationships between theoretical presuppositions and empirical findings in the reception of innovative theories. Historians, philosophers, sociologists, and even physicists have been interpreting the modalities through which the physics community reacted to Miller's results from various perspectives reaching very different, at times opposite, conclusions (Darwin 1939; Polanyi 1958; Lakatos 1970; Swenson 1972; Lalli 2012). Recall, e.g., the recent controversy stemmed from the analysis of constructivist sociologists of science Harry Collins and Trevor Pinch (Collins, Pinch 1993).

Miller's case, they argued, demonstrates that the majority of physicists had accepted SRT on the basis of an experimental finding – the null result of the MM experiment – that remained actually ambiguous until, at least, the 1960s. Nevertheless, according to Pinch and Collins, the null result of the MM experiment became an important rhetorical weapon to build consensus around the validity of SRT. Pinch and Collins's claims about the lack of clear methodological rules as well as about the relevance of rhetorical strategies of mainstream science received a series of responses by physicists who put the accent on the complex range of motivations – both theoretical and experimental – which persuaded physicists of the validity of SRT independently of the null result of the MM experiment (Dolan *et al.* 1997; Gottfried, Wilson 1997).

In connection to, and perhaps because of, the influential debates on the emergence of novel theories and on the dynamics through which they become mainstream systems of belief, the historical studies on the 20th-century ether-drift experiments have been focusing exclusively on the relationship between the Michelson-Morley-type experiments (MMT) and SRT. This state of affairs has entailed a historiographical approach that has been interpreting the 20th-century ether-drift experiments as an episode internal to the history of SRT. No attention has so far been paid, instead, to the experimental and material culture related to these kinds of experiments.

This theory-driven historiographical approach has been recently criticized by the historian of science Richard Staley (2008) who has followed a different perspective to explore the scientific work of Albert A. Michelson. Staley argued that many different factors played a decisive role in the realization of the 1887 MM experiment: the relationship with instrument makers, the development of novel measurement techniques,

and the daily practice with precision instruments. All these factors were specific of the experimental culture. They have no correspondence with the series of activities theorists usually do. In particular, Staley stressed that it is not possible to understand the multifaceted aspects of Michelson's activities without taking into account the historical evolution of the concept of precision and of data analysis practices around the 1880s.

Staley's approach is inspired by the recent turn of the historiography of science, which reassesses experimental physics as an object of analysis that ought not to be subordinated to theoretical developments. The historian of science Peter Galison (1987, 1997) has especially called for a revaluation of this perspective embracing Ian Hacking's (1983, p. 150) motto: "experiments have a life of their own". This expression, in Hacking's and Galison's view, means that experimenters' work has many different targets, which are not limited to simply checking the validity of theories, although it *also* has this role.

This perspective led Staley to conclude that Michelson's work on the 1887 MM experiment was not exclusively aimed at testing the motion of the Earth through the ether. According to Staley, Michelson was much more interested in making the Michelson interferometer – namely, the instrument employed in the MM experiment – an instrument useful in various branches of physics from spectroscopy to metrology. This motivation, Staley's argument goes, is one of main reasons why Michelson did not repeat the MM experiment in various periods of the year as he had planned to do.

Following the same approach, I will explore the set of cultural and social stimuli affecting the work of those experimenters who replied the MM experiment or conceived novel ether-drift experiments. The meaning of the term *ether-drift* has been experiencing tremendous shift since the late 19th century, and have long disappeared from physics literature. It would be, therefore, ambiguous to study the historical development of this kind of experiments through the 20th century before clarifying what one should regard as ether-drift experiments. The first aim of this paper is to propose a tentative definition of ether-drift experiment, which makes the long-term historical scrutiny of this kind of experiments feasible. In the third section, I present a chronology of the experiments performed through the 20th century that are consistent with the aforementioned working definition. Lastly, I focus on Miller's case to ask how the historiographical approach here pursued might give rise to novel interpretations of this controversy. In particular, I make a comparison between Miller's experimental practice and those of other physicists who repeated the MM-type experiment and confirmed the null result, then providing further support for SRT. From these comparisons, I will draw some conclusions about the interconnections between theoretical presuppositions and practical knowledge in the history of the ether-drift experiments and, more generally, on the historical evolution of *epistemic virtues* related to experimental physics (Daston, Galison 2007).

2. Working definition of ether-drift experiments

The first aim of this section is to identify the set of experiments and experimental practices we can refer to when we talk of 20th-century ether-drift experiments. For the reasons summarized in the introduction, historical studies have so far been focusing on

the repetitions of the MM experiment as the main examples of 20th-century ether-drift experiments. There is, however, no straightforward rationale that forces us to consider the MMT experiments the only ones which can legitimately bear the name of ether-drift experiments. There were many other experiments performed in the 20th century that might well be considered as ether-drift experiments, and it is necessary to find a general definition, satisfactory from the historiographical perspective. Should we define ether-drift experiments those experiments that have been defined in this way by the physicists who performed the experiments? Or should we call ether-drift experiments those experiments that have been referred to by at least one physicist as a test of the motion of the Earth through the ether? Or, still, should we formulate a criterion independent of the period in which the experiments were actually conducted? For instance, should we consider ether-drift experiments all those experiments that aimed at measuring a possible anisotropy of the velocity of light?

Any choice between these proposals would lead to a completely different classification of the 20th-century ether-drift experiments. Moreover, each of them is questionable for different reasons. From the historiographical perspective, the less problematic choice would be to define ether-drift experiments those experiments that have been explicitly called in this way by the authors of the experiments. As a partial answer, I suggest to start from this definition to isolate a core group of experiments (hereafter called EF1). Definition EF1 appears, however, to be too restrictive. Several recent repetitions of the MM experiment, e.g., do not mention, of course, the word ether. They refer to possible anisotropies of the light velocity or to the breaking of Lorentz symmetry. Taking into account these limitations, I propose to include in the list of 20th-century ether-drift experiments all those experiments that have been explicitly called repetitions of one among the EF1 experiments. Having tried to restrict the possible inferences depending on theoretical presuppositions in the classification of experiments, this choice seems to be adequate to the historiographical approach here pursued. This working definition allows indeed for the study of the historical evolution of experimental strategies and practices linked to a large set of experiments (hereafter called EF2).

3. Chronology of the 20th-century optical ether-drift experiments

The working definition EF2 previously outlined might serve to establish a chronology of ether-drift experiments through the 20th century. It is useful to start, however, with a subset of such experiments to explore the usefulness of this general approach. In this paper, I limit myself to *optical* ether-drift experiments only, leaving aside other kinds of explorations of the motion of the laboratory through the ether.[1] It is also useful to further restrict the criteria in order to consider only those optical experiments that have been repeated a substantial number of times during the 20th century. Only three types of experiments seem to match the definition and criteria here adopted: the MMT

[1] I am referring in particular to the electromagnetic Trouton-Noble experiment and its repetitions (Janssen 1995).

experiments, the Kennedy-Thorndike-type (KTT) experiments, and the Sagnac-type (ST) experiments.

The first two kinds of experiments have many features in common. They both were conceived to detect a possible anisotropy of the velocity of light depending on the second order of the quantity V/c, where V is the velocity of the observer with respect to the ether, and c was the speed of light in the ether (now the speed of light in vacuum). More precisely, the anisotropy the experimenters were empirically exploring was an anisotropy of round-trip (or two-way) velocity of light; namely, the average velocity of light from the source to a distant point and back again (Zhang 1997). The third experiment was, instead, conceived to detect an effect depending on the first order of the ratio Ω/c between the angular velocity of a rotating interferometer and the speed of light (Post 1967).

Analyzing the chronology of these kinds of experiments, it is possible to draw some preliminary conclusions concerning the interconnections between theoretical developments and the evolution of particular practices of experimentation in optics. Unsurprisingly, the MMT experiments had by large the predominant role in the history of 20th-century ether-drift experiments. The first physicist to repeat the MM experiment in the 20th century was Edward W. Morley himself, with the assistance of D.C. Miller from 1904 and 1906. Morley and Miller (1905, 1907) interpreted the result of their own experiment as a confirmation of the null result previously obtained by Michelson and Morley in 1887 as well as by Michelson alone in the first experiment of the kind performed in 1881. After the Morley-Miller experiment, there were no further MMT experiments until 1921, when Miller himself began a long series of repetitions. Miller's main motivation to perform again a MMT experiment in the 1920s was related to the widespread favorable reception of Einstein's theories. Miller was disturbed by the enormous success of relativity theories after Eddington's announcement that the 1919 eclipse observations had confirmed the binding of light rays near the Sun predicted by Einstein's general relativity theory (GRT). Miller was especially frustrated by the way in which the null result of the MMT experiments was commonly employed to build consensus on the validity of SRT. Beginning in 1921, Miller argued that the results of the previous MMT experiment had never been null, but only inferior to what expected on the basis on the theories of planetary motion accepted at the time in which the experiments had been performed (Swenson 1972).

After several years of observations Miller (1925) began claiming that his recent experiments confuted the previous interpretation of MMT experiments' results: He had obtained a positive result corresponding to an ether-drift of about 10 km/s. Before Miller had announced his unexpected results, another MMT experiment took place in Heidelberg. In 1924, the German experimental physicists Rudolf Tomaschek reported that he had found no evidence of an ether-drift confirming the predictions of SRT. Like Miller's, Tomaschek's work was also motivated by the widespread acceptance of Einstein's theories in the early 1920s. It was part to the program of Tomaschek's supervisor Philipp Lenard to challenge the relativity theories and restore a pre-Einsteinian worldview (Beyerchen 1977).

Miller's surprising announcements prompted several experimental research projects aimed at testing Miller's conclusions both in Europe and in the United States. The elder

Michelson himself repeated the MM experiment helped by his assistant F. Pearson and the Mount Wilson Observatory astronomer Francis G. Pease (Michelson *et al.* 1929). All these repetitions confirmed the null result of the MM experiment, or, more precisely, did not corroborate the positive result Miller had recently obtained. Among the various repetitions performed in the late 1920s, the Joos experiment (1930) was particularly relevant for at least two reasons. First, it reached a precision concerning an upper limit of the hypothetical ether wind – namely 1.5 km/s – much greater than the ones reached by previous MMT experiments. Second, Joos experiment was the last experiment of the series of MMT experiments devoted to check Miller's claims. In other words, it closed the controversy on Miller's results, at least as far as the experimental testing was concerned (Lalli 2012).

Michelson had a key role also in the first repetition of the ST experiment after the French physicist Georges M. M. Sagnac (1914) had experimentally discovered the Sagnac effect in 1913. In collaboration with the American astrophysicist Henry Gale, between 1921 and 1925 Michelson performed a ST experiment with a large interferometer in order to observe the Sagnac effect (or lack of it) related to the rotational motion of the Earth. The conclusion of the Michelson-Gale experiment was that the observed fringe displacement was of the value expected according to the full Sagnac effect. As Michelson and Gale (1925) recognized, this result excluded that the ether was even partially dragged by the Earth in its rotational motion. In the following years, this conclusion was often employed to contrast the positive result obtained by Miller. Many physicists considered the positive effect observed by Miller – which could be explained only assuming that the ether was partially dragged by the orbital motion of the Earth – as inconsistent with the result of the Michelson-Gale experiment (Joos 1934).

In 1932, Roy J. Kennedy and Edward M. Thorndike performed their new kind of ether-drift experiment, which, according to the authors, confirmed Einstein's formula of the relativity of time. Contrary to what happened for the MM experiment, nobody repeated the KT experiment until 1990. After this date, several such experiments were performed with increasing precision. All these tests corroborated the null-result of the original KT experiment posing an upper limit of 10^{-8} to the anisotropy of round-trip velocity of light (Tobar *et al.* 2010). The reason for the recent interest in KTT experiments is to be found in recent theoretical developments, which predict a breaking of Lorentz symmetry (Colladay, Kostelecký 1997). Until the 1990s, virtually all physicists accepted the null result obtained by Kennedy and Thorndike without any further experimental confirmation.

After World War II, there was a substantial recovery of the MMT experiments (Essen 1955; Jaseja *et al.* 1964; Shamir, Fox 1969). It seems that the motivations underlying this recovery were unrelated to any specific theoretical developments, although they were described as new tests of SRT. Rather, they were conceived and performed as a way to employ new instruments and technologies developed for different reasons. The inventors of new devices were eager to show the qualities of their apparatus by improving the precision of an important experiment such as the MM experiment was. The English physicists Louis Essen (1955), e.g., utilized a microwave resonator invented by him to calculate the refraction index of the atmosphere, while

Charles Townes participated in the 1964 MMT experiment with the Maser he had contributed to develop in the mid-1950s (Jaseja *et al.* 1964).

To summarize, the reasons why experimenters dealt with ether-drift experiments changed markedly during the 20th century. A number of these experiments had the explicit aim to test the validity of SRT. Yet, many of the experiments (e.g., those performed in the period 1950s-1970s) seemed to be concerned mainly with the development and application of new technologies.

4. Experimental practices and the controversy on Miller's results

I turn now to the central part of my contribution, in which I argue that a more detailed study of the experimental culture could help rewriting the history of controversial aspects of 20th-century ether-drift experiments, such as the repetitions of the MMT experiments performed in the 1920s. As I argue elsewhere (Lalli 2012), three key actors played a central role in the controversy about Miller's results: D.C. Miller, A.A. Michelson, and Georg Joos. The aim of this section is to compare the set of practices and skills that shaped their actions and influenced their judgments when they entered the controversy.

4.1. The Morley-Miller experiments

In order to fully understand the experimental tradition to which Miller belonged when he re-proposed the MMT experiment in the 1920s, it is necessary a short analysis of the Morley-Miller experiments. The instrument Morley and Miller employed was simply an evolution of the same apparatus developed by Michelson with the help of Morley in the 1880s. Morley and Miller fully followed the experimental tradition Michelson had inaugurated. The only significant modification was an increasing of the instrumental sensibility due to a longer optical path. All the other elements remained unmodified: the optical parts, the light source, and the mechanism of rotation of the interferometer – namely, the rotation of a massive sandstone block on a tank filled with mercury. By the same token, the observational procedure was entirely preserved. In order to observe the possible ether wind – or, better, its projection on the interferometer's plane – Michelson measured the fringe displacements following the rotations of the interferometer. In case of a relative motion between Earth and ether, Michelson's methodology would have produced a sinusoidal signal periodic in each half turn of the interferometer. Michelson divided the 360 degrees of the circular path of the interferometer in 16 identical parts. One of the two experimenters had to rotate with the interferometer keeping his eye on the eyepiece of the telescope attached to the interferometer. In any of the prearranged 16 points, the observer read the displacement of the central fringe of the interference pattern.

Morley and Miller re-proposed an identical methodology for both the acquisition and reduction of data. They first calculated the average of the 16 displacements among sets of observations (usually 20 turns of the interferometer) with some corrections. The 16 values obtained corresponded to a "single observation" (Miller 1933, p. 212). Later,

they applied the Fourier harmonic analysis to each single observation in order to isolate the second harmonic – namely, the sinusoidal signal with period corresponding to half turn of the interferometer.

Miller and Morley also accepted the same theoretical presuppositions underlying the 1887 MM experiment concerning the cosmic motion of the Earth. They, i.e., calculated that the motion of the Earth through the ether was the sum of the Earth's orbital motion, its diurnal rotation, and the Sun's cosmic motion, which at that time was thought to be about 19 km/s toward Hercules constellation.[2]

After having completed their first sets of observations in Cleveland and having reached the conclusion that their data did not show any evidence of the ether-drift effect, Morley and Miller added a further theoretical presupposition, which distinguished their work from that of the previous MMT experiments. Morley and Miller hypothesized that the ether-drag could depend on some experimental conditions. One hypothesis – which was also previously explored by Michelson (1897) in a different experiment – was that the drag of the ether decreased with altitude; namely, Morley and Miller supposed that the ether wind could be greater at high altitude than at the sea level. The second hypothesis was that opaque and solid bodies could not allow the ether to pass through them; namely, that the walls of the laboratory could prevent the experimenters to discover the ether drift. In order to test both these hypotheses, Morley and Miller performed further experiments on the top of the Euclid Heights (now Cleveland Heights), covering the optical paths of the interferometer only with transparent materials. In 1907, Miller and Morley communicated to the scientific community that these latter experiments had also given a null result. However, the authors also reported that they had observed a temperature effect, which they had not been able to remove.

4.2. Miller's experiments

In 1921, Miller resumed the experiment from the exact same point where it was disrupted some 15 years earlier. The theoretical presuppositions were those adopted to justify the experiments on the top of the Euclid Heights in 1906. Miller believed that a higher altitude could favor the detection of the possible decrease of the drag coefficient of the ether with altitude. This reasoning was fundamental in the choice of the location where Miller would perform the experiments: the Mount Wilson Observatory (about 1700 meters above sea level). Miller's belief that the existence of the luminiferous ether was essential to explain the wave phenomena of light was implicit in the decision itself to re-perform a MMT experiment.

This for what concerns Miller's main theoretical presuppositions. To comprehend, instead, the influence of specific experimental practices in shaping Miller's experiments, one has to focus on the apparatus itself and the experimental methodology Miller actually employed in his repetitions. Apparently, Miller did not change much with respect to his

[2] This value approximately corresponds to what is now called the motion of the Sun with respect to the Local Standard of Rest, namely the mean motion of the Milky Way stars in the neighboring of the Sun.

previous work. The instrument was the same employed in the last experiments performed with Morley. The procedures of observations and of data reduction also remained unmodified. It is interesting to ask, then, whether there were other elements of Miller's experimental culture that deeply affected the 1920s sets of experiments.

The answer to this question is affirmative, and the way in which these elements entered is revealing of the manners in which daily practices shaped both the data acquisition and their interpretation. After the conclusion of the Morley-Miller experiments, Miller had become one of the leading experts of acoustics in the United States. In 1908, Miller invented the Phonodeik – a sound recording device that converted acoustical vibrations in visual images recorded on a photographic plate. In order to analyze the complex sound waves registered by the Phonodeik, Miller also developed a strong expertise in employing Henrici harmonic analyzers – instruments that determined the Fourier harmonic components of complex periodic curves (Fig. 1). Not only did Miller become one of the major experts in operating such instruments, he also built his own harmonic analyzer, which was able to draw up to 30 Fourier harmonics instead of the 10 of the original instrument. In his publications, Miller often emphasized that the machine was very easy to utilize, and that it allowed for very quick calculation of harmonics (Miller 1916, 1926).

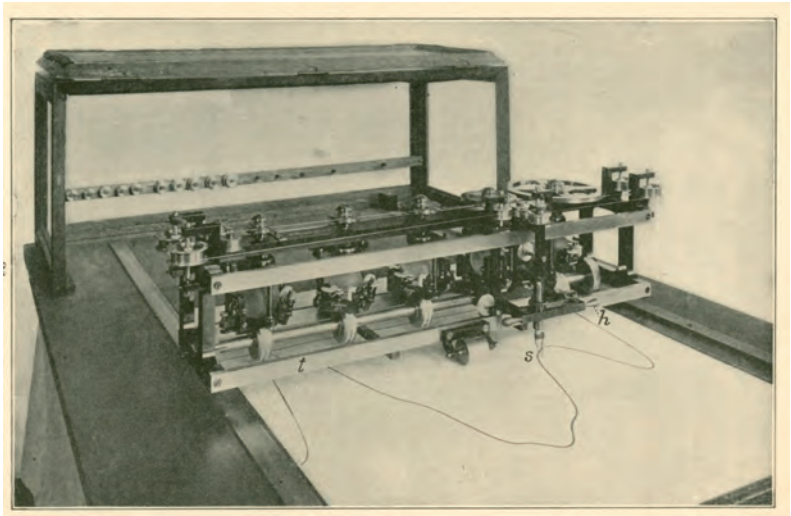


Fig. 1. Miller's Henrici Harmonic Analyzer (Miller 1926, p. 96). Courtesy of the library of the Max Planck Institute for the History of Science

In 1925, Miller began claiming that he had observed a positive effect in the Mount Wilson experiments. This effect, he argued, corresponded to an ether-drift of about 8-10 km/s. No known ether theory could explain the direction and magnitude of the ether wind Miller had allegedly found. For this reason, Miller decided to follow a purely inductive method, without any hypothesis concerning the relative motion of Earth and

ether. He made extensive series of observations in several hours of the day and in various epochs of the year. For Miller, the enormous amount of data could allow for an inductive discovery of the direction and magnitude of the ether-drift, and, consequently, of the direction and magnitude of the Earth absolute motion as well as of the direction and magnitude of the ether drag. This procedure, of course, required considerable amount of time to perform the experiments as well as entailed mental and physical efforts by the experimenters. More importantly for my argument, Miller's method required even more time to analyze and reduce the enormous quantity of acquired data. Later, Miller (1933) reported that he had taken more than 200,000 readings of fringe shifts in his 1920s observations. Miller could deal with such a great number of data only because he had at his disposal a quick method for the harmonic analysis of irregular curves: the modified Henrici harmonic analyzer he daily employed for analyzing the sound waves recorded by his Phonodeik. When Miller reported his positive result with the interpretation of the second harmonics, Miller explicitly stated that he had employed this instrument to analyze the data. Without it, we can fairly assume, it would have been practically impossible to calculate the harmonics in a reasonable amount of time. Without the expertise Miller had reached in employing the Henrici mechanical analyzer, the inductive method on which the entire enterprise was based would have been difficult to imagine. In other words, the purely inductive method Miller tried to pursue from 1924 onward not only depended on a set of beliefs concerning the ether and the motion of the Earth through it, but, more subtly, it relied on the mastery of a device that made this method feasible.

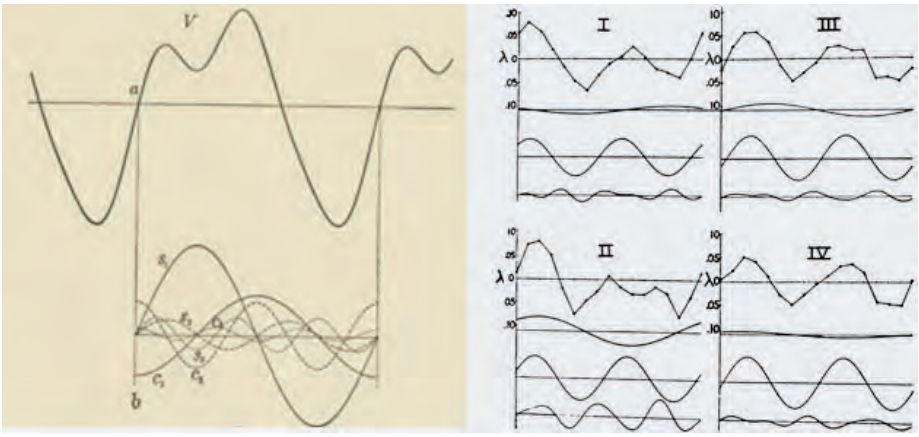


Fig. 2. Comparison between (left) the reduction to harmonics of a violin tone (Miller 1926, p. 101) and (right) the harmonic analysis of Miller's ether-drift observations (Miller 1933, p. 227)[3]

[3] Courtesy of the library of the Max Planck Institute for the History of Science for the image on the left. The image on the right is reprinted figure 21 with permission from Miller 1933. Copyright 1933 by the American Physical Society.

4.3. Michelson's interpretations

When Michelson began working on the first MMT experiment in 1881, he was perfectly aware that temperature variations – as well as changes in pressure and humidity – could cause significant fringe displacements in a Michelson-type interferometer. A temperature gradient inside the laboratory entailed a fringe shift periodic in each half turn of the interferometer; namely, the same kind of effect as that produced by a hypothetical ether wind. In his first paper on the subject, Michelson calculated the fringe shift due to the measured temperature, and demonstrated that this background did not affect significantly the experimental results obtained. This calculation, however, was very primitive, and no detailed study was conducted in the following years.[4] This meant that the physicists who worked on the MMT experiments did not share a common certified knowledge on the relevance and influence of the temperature effects in their experiments.

The tacit knowledge related to how temperature affected the observations, however, played a fundamental role in judging the reliability and meaning of observations. Michelson's evaluation of Miller's results is a case in point. After Miller had first announced a positive result, Michelson confessed to the Caltech theoretical physicist Paul S. Epstein that he disapproved of Miller's methodology because Miller did not change the experimental conditions enough (Epstein 1925).

Miller and Michelson also had different judgments about the result of the 1887 MM experiment. After Miller's announcement, Michelson (1925) confirmed that "The *Ether drift* experiments finished with decidedly negative results – probably zero – displacement but certainly less than one thirtieth of that which Miller found". Miller was, instead, contending that the result was positive but smaller than expected on the basis of the accepted theories of Earth motion. This disparity would later become even stronger, when Miller would re-analyze the data of the MM experiment claiming that they confirmed the positive results recently obtained. Evidently, Michelson and Miller held very different opinions on the signal-background relationship in the experiment Michelson had performed in 1887.

This diversity of interpretation was probably due to Michelson's evaluations on the role of temperature effects. That this was the case is suggested by Michelson's interpretation of a periodic effect found in his *own* repetition of the MM experiment performed from 1926 to 1929 (Michelson *et al.* 1929). Michelson was informed that his collaborator Pease had obtained a periodic effect of the type expected – namely, periodic in each half turn of the interferometer – although the displacement was smaller than that reported by Miller. After having examined the data, Michelson answered Pease that the "curious and interesting graphs […] seem to me to indicate *rather clearly* temperature effects" (Michelson 1928, emphasis mine).

In summary, Michelson was always skeptical about Miller's positive results as well as his experimental methodology. It is a well-known historical fact that Michelson had no sympathy for relativity theories, as Michelson's several public statements in favor of the

[4] The only detailed study of the temperature effects on the results of MMT experiments was made by Robert S. Shankland and his co-workers in 1954, when they proposed that temperature fluctuations were the main cause of the effect found by Miller (Shankland *et al.* 1955).

ether show (Holton 1969). It is, therefore, illogical to attribute his negative opinion about the positive results obtained by Miller to some theoretical preconceptions. Moreover, Miller and Michelson seemed to belong to the same experimental tradition both in experimental design and in the prominence given to experimental results with respect to theoretical developments. Nevertheless, what for Miller was an ether-drift signal, for Michelson became an artifact due to a systematic error – a background produced "rather clearly" by temperature effects. In his judgments, Michelson relied upon his daily work – the practical knowledge that had led him to develop interpretative skills on how instruments actually worked. Michelson's behavior was based on a level of knowledge that cannot be represented by any explicit equation or logical reasoning. His previous experience in the experimental practices he had employed and developed made him able to decide whether a detected effect was a signal or an artifact due to systematic errors.

4.4. Joos's quest for objectivity

I conclude my analysis of the interplay between theoretical assumptions and experimental practice in the history of 20th-century ether-drift experiments with the comparison between the experiments of Miller and G. Joos. In the design of the experimental set up, Joos implemented some features proper of Miller's experiments, such as the large optical path and the extensive series of observations. Yet, he discarded at the outset crucial theoretical assumptions that had shaped Miller's observational methodology. The result of the experiments of Sagnac and Michelson-Gale led Joos to exclude that opaque and/or massive bodies could drag the ether. Rather, he believed that it was fundamental to adequately shield his apparatus in order to reduce the effects due to temperature, humidity and pressure. Joos hermetically covered the optical path of his interferometer with a metal shell and performed the experiment in a basement. By following this procedure, Joos was in fact assuming that Miller's observations could have been compromised by local factors. Joos's instrument was designed to drastically reduce these factors in the act of observation itself. This method was radically different from that of Miller who, instead, tried to eliminate the background in the data analysis by increasing the number of observations.

Enclosing the optical path in a metallic shell was not the only novelty of Joos's interferometer. Joos also employed an electric motor to rotate the interferometer smoothly, greatly reducing the mechanical vibrations. The last essential difference between Joos's interferometer and Miller's was that Joos employed an automatic camera for acquiring data. Joos was fully conscious of the persuasive power of photographic plates as a way of making the data *objective*. Photos of observations could be checked by virtually everybody wanted to control the result of the experiment, as Joos explicitly stated in his paper (Joos 1930, p. 385; Sichau 2009, p. 85). Once registered on a photographic plate, fringe shifts became immutable object of public knowledge. By making explicit the supposedly intrinsic objectivity of photos, Joos was implicitly referring to the subjective character of Miller's data, which had been observed exclusively by Miller himself.

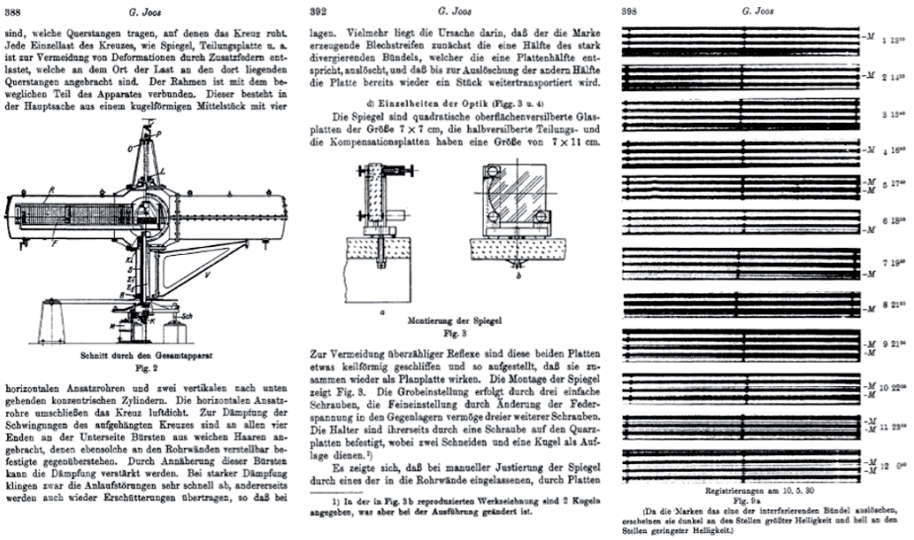
The demarcation objective/subjective that Joos seemed to refer to in his paper can be further explored by comparing the publications of Miller and Joos. There are indeed remarkable differences between the ways in which they reported their results. When he communicated his positive result to the scientific community, Miller (1925) started with the history of the MMT experiments. He maintained a colloquial style all along his paper, explaining with words both the experimental methodology followed and the results obtained. Miller, moreover, emphasized his personal role in the observations; namely, he explicitly discussed the skills, both technical and ethical, that the experimental physicist should possess in order to successfully perform such a kind of experiment, including the stiff resistance to efforts and the ability to stay focused under stressful conditions.[5]

Joos, by contrast, tried to completely disappear from the scientific discourse. The persuasive power of his experiment is left to the instrument, intended as a precision machine. In the pages of his paper, Joos accurately described the instrument or, more precisely, every part of it. Photos of fringes and apparatus' sections became the central actors of the scientific discourse (Fig. 3). Joos never referred to his skills or to his role during the observations, because, it is implied, the machine could do the observations by itself. One can find signs of the experimenter's presence only in one picture, in which his role is to provide a measure of comparison to visualize the impressive dimensions of the apparatus. In Joos's intention the experimental persona becomes subordinate to the apparatus.

The comparison between the procedures employed by Miller and Joos, shows two different modalities of conceiving and practicing experimental physics. By the same token, their published reports expose two very different persuasion strategies. After Joos published his result confirming the null result in 1930, the experimental work aimed at testing Miller's positive result ended. The majority of physicists accepted Joos's results. The end of the controversy on Miller's experiments depended on many different factors, which I have investigated elsewhere (Lalli 2012). One of these factors, I here argue, was related to the changing way in which physicists judged the persuasive power of the arguments employed. In 1930, Joos's methodology and his attention to formulate objective criteria were preferred to Miller's focus on the subjective skills of the specific experimenter who actually performed the observations. This changing attitude toward argumentations was a reflection of the more general

[5] One might object that Miller and Joos published in two journals with very different styles and readerships. The former published his discovery in the journal *Science* of the American Association for the Advancement of Science – which was targeted to scientists of various disciplines – while the latter published his article in *Annalen der Physik*, which was one of the most authoritative journals read by physics specialists. The different styles of published reports was therefore also due to the specific features of the journals in which they chose to publish. This objection does not weaken my argument though. In the following years, Miller published only a few papers in *Science* and other journals maintaining the same style and never writing a different kind of report. In 1933, he published a long review of the entire work he had made on the MMT experiments in Reviews of Modern Physics (Miller 1933). In this paper, he clarified some details, but did not modify the general structure of the scientific discourse he had previously employed in his *Science* papers. I would suggest that the different styles of experimental physicists Miller and Joos were embodying also influenced the choice of the journals in which they actually published. I am grateful to Luca Guzzardi for his comment on this point.

historical process toward the depersonalization of physics experimental enterprises, which would shortly develop into those large-scale facility-focused activities that goes under the name of Big Science (de Solla Price 1963; Galison, Hevly 1992).


388 G. Joos

sind, welche Querstangen tragen, auf denen das Kreuz ruht. Jede Einzellast des Kreuzes, wie Spiegel, Teilungsplatte u. a. ist zur Vermeidung von Deformationen durch Zusatzfedern entlastet, welche an dem Ort der Last an den dort liegenden Querstangen angebracht sind. Der Rahmen ist mit dem beweglichen Teil des Apparates verbunden. Dieser besteht in der Hauptsache aus einem kugelförmigen Mittelstück mit vier

Schnitt durch den Gesamtapparat
Fig. 2

horizontalen Ansatzrohren und zwei vertikalen nach unten gehenden konzentrischen Zylindern. Die horizontalen Ansatzrohre umschließen das Kreuz luftdicht. Zur Dämpfung der Schwingungen des aufgehängten Kreuzes sind an allen vier Enden an der Unterseite Bürsten aus weichen Haaren angebracht, denen ebensolche an den Rohrwänden verstellbar befestigte gegenüberstehen. Durch Annäherung dieser Bürsten kann die Dämpfung verstärkt werden. Bei starker Dämpfung klingen zwar die Anlaufstörungen sehr schnell ab, andererseits werden auch wieder Erschütterungen übertragen, so daß bei

392 G. Joos

lagen. Vielmehr liegt die Ursache darin, daß der die Marke erzeugende Blechstreifen zunächst die eine Hälfte des stark divergierenden Bündels, welcher die eine Plattenhälfte entspricht, auslöscht, und daß bis zur Auslöschung der andern Hälfte die Platte bereits wieder ein Stück weitertransportiert wird.

d) Einzelheiten der Optik (Figg. 3 u. 4)

Die Spiegel sind quadratische oberflächenversilberte Glasplatten der Größe 7 × 7 cm, die halbversilberte Teilungs- und die Kompensationsplatten haben eine Größe von 7 × 11 cm.

Montierung der Spiegel
Fig. 3

Zur Vermeidung überzähliger Reflexe sind diese beiden Platten etwas keilförmig geschliffen und so aufgestellt, daß sie zusammen wieder als Planplatte wirken. Die Montage der Spiegel zeigt Fig. 3. Die Grobeinstellung erfolgt durch drei einfache Schrauben, die Feineinstellung durch Änderung der Federspannung in den Gegenlagern vermöge dreier weiterer Schrauben. Die Halter sind ihrerseits durch eine Schraube auf den Quarzplatten befestigt, wobei zwei Schneiden und eine Kugel als Auflage dienen.[1])

Es zeigte sich, daß bei manueller Justierung der Spiegel durch eines der in die Rohrwände eingelassenen, durch Platten

1) In der in Fig. 3b reproduzierten Werkzeichnung sind 2 Kugeln angegeben, was aber bei der Ausführung geändert ist.

398 G. Joos

Registrierungen am 10. 5. 30
Fig. 9a
(Da die Marken das eine der interferierenden Bündel auslöschen, erscheinen sie dunkel an den Stellen größter Helligkeit und hell an den Stellen geringster Helligkeit.)

Fig. 3. Three pages from the paper (Joos 1930, pp. 388, 392, and 398) in which the author meticulously describes some parts of the apparatus and shows the photos of the interference fringes. Courtesy John Wiley and Sons

5. Concluding remarks

The comparison between Michelson's attitude and Miller's suggests that interpretative skills acquired through daily experience played a fundamental role in the experimenters' decision whether an effect was a signal or an artifact. Michelson's judgment on the relevance of the temperature effect did not depend on any detailed theoretical study. His opinion on both the effect observed by Miller and the smaller one emerged in his collaborators' observations was a consequence of tacit practical knowledge, given by his familiarity with specific instruments and experimental procedures.

The comparison between Miller's experiments and Joos's shows, instead, that different theoretical presuppositions concerning the drag of the ether led to two substantially different experimental procedures. Joos excluded some central hypotheses that had shaped Miller's experimental set up. In turn, this distinction depended on two different manners to intend the work of the experimental physicist. Miller pursued a purely inductive methodology in which the theory had to be extrapolated as a generalization of the experimental results. Joos, by contrast, followed a model in which the single experiment must be directly connected to the complex network of theoretical

knowledge. The inclination for this more theory-laden approach to experimental work was natural for an expert of theoretical physics as Joos was.[6] In addition, it is fair to say that that Joos's view of experimental physics became largely predominant during the first decades of the 20th century (Galison 1997).

The Joos-Miller comparison also shows a deeper conflict within the evolution of experimental practices; namely, the contrast subjective/objective in the judgment about what counts as *good* experimental work. On the one hand, one finds Miller's experiments, in which the manual and mental skills of the experimenter is a fundamental ingredient for the success of the experiment; in which the qualities of the observer are clearly exposed in the public report of the experimental results, thereby becoming a central element of the argumentative structure of the scientific discourse; in which, then, the qualities of the subject are somewhat identified with the reliability of the experimental results. On the other hand, there is a physicist like Joos who is at ease with the recent advancements of theoretical physics; a physicist who conceived the instruments as a way to eliminate as much as possible of the subjective elements of the experiment; a physicist who worked in closely connection with experts of the Carl Zeiss – a leadership company in the production of precision instruments in optics and mechanics. Joos's experiment, I suggest, was a reification of what has been defined by historians of science Lorraine Daston and Peter Galison (2007) the "epistemic virtue" of "mechanical objectivity".

Such a dichotomy subjectivity/objectivity does not emerge only when one looks at this case through the glasses of historical epistemology. The physicists called to judge the validity of the experiments, implicitly employed such a distinction to explain why a result should be considered more reliable than another. The Mount Wilson Observatory astronomer C. St. John (1932), e.g., referred to several features of Joos's experiment, which I have above summarized, to persuade his readers of the validity of Joos's result and consequently, to close the controversy on Miller's ether-drift effect in the United States. That Joos's contemporaries shortly regarded his instrument as an embodiment of what Daston and Galison call mechanical objectivity seems to be confirmed also by the way in which it became a museum object. When it was donated to the Deutsches Museum in Munich in 1935, the apparatus assumed the name *Zeiss-Joos* interferometer. By giving this name to the apparatus, the curators of the museums were, *de facto*, putting the instrument makers on the same level of the experimenter as co-authors of the scientific enterprise (Sichau 2009).

The analysis here proposed seems, in conclusion, to confirm Galison's statement (1987) that different levels of presuppositions play complex roles in the experimental work. Only a part of these levels is directly related to theories, while others depend on the daily practice of the experimenters. The more tacit presuppositions are difficult to analyze. Nonetheless, they are necessary to understand the complex world of experimentation, from the design of the apparatus to the interpretation of data. This more nuanced view of experimental practice, as I have tried to argue, might increase our understanding of the dynamics of historical controversies on experimental results.

[6] Joos had recently published one of the most appreciated textbooks of theoretical physics (Joos 1932).

Bibliography

Beyerchen A.D. (1977). *Scientists under Hitler. Politics and the Physics Community in the Third Reich.* New Haven, CT: Yale University Press.

Colladay D., Kostelecký V.A. (1997). "CPT Violation and the Standard Model". *Physical Review* D 55, pp. 6760-6774.

Collins H.M., Pinch T.J. (1993). *The Golem. What You Should Know about Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

Darwin C.G. (1939). "Logic and Probability in Physics". *Philosophy of Science*, 6, pp. 48-64.

Daston L., Galison P. (2007). *Objectivity*. New York: Zone Books.

De Solla Price D.J. (1963). *Little Science, Big Science*. New York: Columbia University Press.

Dolan J.F., Griffith B.C., Basile A.G., Kracher A., Burnley R.L., Collins H., Pinch T., Mermin N.D. (1997). "Discussion of Nature of Science Provokes Hit-or-Myth Debate". *Physics Today*, 50 (1), pp. 11-15.

Dongen (van) J. (2009). "On the role of the Michelson-Morley Experiment. Einstein in Chicago". *Archive for History of Exact Sciences*, 63, pp. 655-663.

Epstein P.S. (1925). Letter to A. Einstein, 19 September 1925. *Caltech Archives, Papers of Paul Sophus Epstein*, fol. 3.34.

Essen L. (1955). "A New Æther-Drift Experiment". *Nature* 175, pp. 793-794.

Galison P. (1987). *How Experiments End*. Chicago: University of Chicago Press.

Galison P. (1997). *Image and Logic. A Material Culture of Microphysics*. Chicago: University of Chicago Press.

Galison P., Hevly B.W. (eds.) (1992). *Big Science. The Growth of Large-Scale Research*. Stanford: Stanford University Press.

Gottfried K., Wilson K.G. (1997). "Science as a Cultural Construct". *Nature*, 386, pp. 545-547.

Grünbaum A. (1961). *The Genesis of the Special Theory of Relativity*, in Feigl H., Maxwell G. (eds.). *Current Issues in the Philosophy of Science. Symposia of scientists and philosophers. Proceedings of Section L of the American Association for the Advancement of Science, 1959*. New York: Rinehart and Winston, pp. 43-53.

Hacking I. (1983). *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

Holton G. (1969). "Einstein, Michelson, and the 'Crucial' Experiment". *Isis*, 60, pp. 133-197.

Janssen M. (1995). *A Comparison between Lorentz's Ether Theory and Special Relativity in the Light of the Experiments of Trouton and Noble*. Ph.D. thesis, Pittsburgh University.

Jaseja T.S., Javan A., Murray J., Townes C.H. (1964). "Test of Special Relativity or of the Isotropy of Space by Use of Infrared Masers". *Physical Review*, 133, pp. 1221-1225.

Joos G. (1930). "Die Jenaer Wiederholung des Michelsonversuchs". *Annalen der Physik*, 399 (4), pp. 385-407.

Joos G. (1932). *Lehrbuch der theoretischen Physik*. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft.

Joos G. (1934). "Note on the Repetition of the Michelson-Morley Experiment". *Physical Review*, 45, p. 114.

Kennedy R.J., Thorndike E.M. (1932). "Experimental Establishment of the Relativity of Time". *Physical Review*, 42 (3), pp. 400-418.

Lakatos I. (1970). "Falsification and the Methodology of Scientific Research Programme". In Lakatos I., Musgrave A. (eds.). *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 91-195.

Lalli R. (2012). "The Reception of Miller's Ether-Drift Experiments in the USA. The History of a Controversy in Relativity Revolution". *Annals of Science*, 69 (2), pp. 153-214.

Michelson A.A. (1897). "The Relative Motion of the Earth and the Ether". *American Journal of Science*, 3 (18), pp. 475-478.

Michelson A.A. (1925). Undated note sent to the MWO director. Pasadena, CA, Huntington Library, *W.S. Adams Papers*, folder Michelson 1925.

Michelson A.A. (1928). Letter to F.G. Pease, 23 March 1928. Annapolis, MD, US Naval Academy, Nimitz Library Special Collection and Archives Division, *Albert A. Michelson Papers* MS 347, box 1.

Michelson A.A., Gale H.G. (1925). "The Effect of the Earth's Rotation on the Velocity of Light." *The Astrophysical Journal*, 61, pp. 140-145.

Michelson A.A., Pease F.G., Pearson F. (1929). "Repetition of the Michelson-Morley Experiment". *Journal of the Optical Society of America*, 18, pp. 181-182.

Miller, D.C. (1916). "The Henrici Harmonic Analyzer and Devices for Extending and Facilitating its Use". *Journal of the Franklin Institute*, 182 (3), pp. 285-322.

Miller, D.C. (1925). "Ether-drift Experiments at Mount Wilson", *Science*, 61, pp. 617-621.

Miller, D.C. (1926). *The Science of Musical Sounds*, 2nd ed. New York: The Macmillan Company.

Miller, D.C. (1933). "The Ether-Drift Experiment and the Determination of the Absolute Motion of the Earth", *Reviews of Modern Physics*, 5, pp. 203-242.

Miller A.I. (1981). *Albert Einstein's Special Theory of Relativity. Emergency (1905) and early Interpretation (1905-1911).* Reading: Addison-Wesley.

Morley E.W., Miller, D.C. (1905). "Report of an Experiment to Detect Change of Dimension of Matter Produced by its Drift through the Ether", *Science*, 21, p. 339.

Morley E.W., Miller, D.C. (1907). "Final Report on Ether-Drift Experiments", *Science*, 25, p. 525.

Polanyi M. (1958). *Personal Knowledge. Towards a Post-critical Philosophy*. London: Routledge & Kegan Paul.

Post E.J. (1967). "Sagnac Effect". *Reviews of Modern Physics*, 39, pp. 475-493.

Sagnac G.M.M. (1914) "Effet tourbillonnaire optique. La circulation de l'éther lumineux dans un interférographe tournant". *Journal de Physique Théorique et Appliquée*, 4, pp. 177-195.

Shamir J., Fox R. (1969). "A New Experimental Test of Special Relativity". *Il Nuovo Cimento B*, 62 (2), pp. 258-264.

Shankland R.S., McCuskey S.W., Leone F.C., Kuerti G. (1955). "New Analysis of the Interferometer Observations of Dayton C. Miller", *Reviews of Modern Physics*, 27, pp. 167-178.

Sichau C. (2010). "Hard Times: The Difficult Lives of Three Instruments in the Museum". In Morris P.J.T., Stauberman K. (eds.). *Illuminating Instruments*. Washington DC: Smithsonian Institution Scholarly Press, pp. 73-94.

Stachel J. (1987). "Einstein and Ether Drift experiments", *Physics Today*, 40 (5), pp. 45-47.

Staley R. (2008). *Einstein's Generation. The Origins of the Relativity Revolution*. Chicago: University of Chicago Press.

St. John C.E. (1932). "Observational Basis of General Relativity". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 44 (261), pp. 277-295.

Swenson Jr. L.S. (1972). *The Ethereal Aether. A History of the Michelson-Morley Aether-Drift Experiments, 1880-1930.* Austin: Texas University Press.

Tobar M.E., Wolf P., Bize S., Santarelli G., Flambaum V. (2010). "Testing Local Lorentz and Position Invariance and Variation of Fundamental Constants by Searching the Derivative of the Comparison Frequency Between a Cryogenic Sapphire Oscillator and Hydrogen Maser." *Physical Review D*, 81 (2), 022003.

Zhang Y.Z. (1997). *Special Relativity and its Experimental Foundations*. Singapore: Worlds Scientific.

The classical ether-drift experiments
An enigma for physics and history of science

Maurizio Consoli - INFN-Sezione di Catania - maurizio.consoli@ct.infn.it
Alessandro Pluchino - Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Catania - alessandro.pluchino@ct.infn.it

Abstract: Motivated by general theoretical arguments, the classical ether-drift experiments (Michelson-Morley, Illingworth, Miller, Joos, …) were recently re-considered from scratch in Consoli *et al.* (2013). The conclusion of that analysis is that their standard null interpretation is far from obvious. In fact, by using Lorentz transformations to connect the Earth's frame to a hypothetical preferred frame, the small observed effects point to an average Earth's velocity of about 300 km/s, as for most cosmic motions. A common feature is the irregular behaviour of the data. While this has motivated, so far, their standard interpretation as instrumental artefacts, the new re-analysis of the very accurate Joos experiment gives definite indications for that type of Earth's motion associated with the Cosmic Microwave Background anisotropy and thus leaves little space for this traditional interpretation. The new explanation requires instead a view of the vacuum as a stochastic medium, similar to a fluid in a turbulent state of motion, in agreement with basic foundational aspects of both quantum physics and relativity. The overall consistency of this picture with the present experiments with vacuum optical resonators and the need for a new generation of dedicated ether-drift experiments are also emphasized. Without this definite clarification, the classical ether-drift experiments represent an enigma for physics and history of science.

Keywords: Ether-drift experiments, Stochastic vacuum, Quantum physics, Relativity.

1. Introduction

The Michelson-Morley experiment (Michelson, Morley 1887) has represented a fundamental breakthrough in the history of physics. Indeed, it was its result, too small to meet any classical prediction, to stimulate the first formulations of the relativistic effects and later on to induce Lorentz (1904), and Poincaré (1905), to derive a particular set of transformations of the space-time coordinates (Lorentz Transformations): "Applying one of such transformations amounts to apply an overall translation to the whole system. Then two frames, one at rest in the ether and one in uniform translation, become the perfect images of each other". This statement of Poincaré in 1905 was the precise formalization of the Principle of Relativity, already

proposed by him (Giannetto 1993) in *La Science et l'Hypothèse* (Poincaré 1902) and at the 1904 St. Louis Conference. This first historical phase and its relation with Special Relativity (Einstein 1905) is well described in an Einstein's interview delivered in 1955, a few months before his death. When asked, once more, about his original view and the relation with previous work he said:

> There is no doubt that the special theory of relativity, if we regard its development in retrospect, was ripe for discovery in 1905. Lorentz had already observed that for the analysis of Maxwell's equations the transformations which later were known by his name are essential, and Poincaré had even penetrated deeper into these connections. Concerning myself, I knew only Lorentz's important work of 1895 (the two papers quoted above in the German text) but not Lorentz's later work, nor the consecutive investigations by Poincaré. In this sense my work of 1905 was independent. The new feature of it was the realization of the fact that the bearing of Lorentz-transformations transcended its connection with Maxwell's equations and was concerned with the nature of space and time in general. A further new result was that the "Lorentz invariance" is a general condition for any physical theory (Born 1956a, pp. 248-249, Born 1956b, p. 194).

This premise is essential to properly frame the Michelson-Morley experiment in the evolution of scientific thought. At the same time, nowadays, there is the tendency to consider this experiment, and its repetitions (Illingworth 1927; Joos 1930; Miller 1933) as *old stuff* for which there is nothing more to refine or clarify. Instead, as we are going to illustrate, there is still a lot to be clarified about these classical *ether-drift* experiments, hopefully through cooperation between physicists and historians of science. To introduce this matter, let us start from scratch by first observing that, in spite of the deep conceptual difference, Einstein's view of relativity and the Lorentzian perspective are equivalent with respect to most experiments where one just compares the relative measurements of two observers. This conclusion was, for instance, already clearly expressed by Ehrenfest (1913) in his lecture *Zur Krise der Lichtäther-Hypothese*[1] as follows:

> So, we see that the ether-less theory of Einstein demands exactly the same here as the ether theory of Lorentz. It is, in fact, because of this circumstance, that according to Einsteinian theory an observer must observe exactly the same contractions, changes of rate, etc. in the measuring rods, clocks, etc. moving with respect to him as in the Lorentzian theory. And let it be said here right away and in all generality. As a matter of principle, there is no experimentum crucis between the two theories. (Ehrenfest 1913, pp. 17-18, quoted in Dorling 1968, p. 69).

One can easily understand this because, independently of all interpretative aspects, the basic quantitative ingredients, namely Lorentz transformations, are the same in both formulations. Their validity will be assumed in the following to discuss the possible existence of a preferred reference frame.

[1] *Zur Krise der Lichtäther-Hypothese (On the crisis of the light ether hypothesis)*, lecture given by Ehrenfest in Leyden on December 4, 1912.

The substantial equivalence then reflects the fundamental property of the Lorentz group for which two observers **S'** and **S''**, individually related to the preferred frame by Lorentz transformations with velocities **v'** and **v''**, are connected by a Lorentz transformation with relative velocity fixed by the relativistic composition rule (for simplicity we restrict to one-dimensional motion)

$$\mathbf{v}_{\mathbf{rel}} = \frac{\mathbf{v}' - \mathbf{v}''}{1 - \frac{\mathbf{v}'\mathbf{v}''}{\mathbf{c}^2}} \quad . \tag{1}$$

Then, one may get the impression that the present supremacy of Einstein's interpretation is precisely due to the null results of the ether-drift experiments where one attempts to measure an absolute velocity. But, again, this is wrong. In a Lorentzian view, if the velocity of light $\mathbf{c}_\gamma$ propagating in the various interferometers coincides with the basic parameter **c** entering Lorentz transformations, relativistic effects conspire to make undetectable the individual velocity of each observer. Therefore, a null result of the ether-drift experiments should *not* be automatically interpreted as a confirmation of Special Relativity. As stressed by Ehrenfest, the motion with respect to the preferred frame might remain unobservable, yet one could interpret relativity *à la* Lorentz. As emphasized by Bell (1987), this could be crucial, for instance, to reconcile faster-than-light signals with causality and thus provide a very different view of the apparent non-local aspects of the quantum theory. This discussion should convince that Einstein's axiomatic interpretation, which is the one presented today in most textbooks, might obscure fundamental aspects of nature. After this basic premise, let us look more closely at the ether-drift experiments. Here, the curiosity of a reader should be stimulated by the claims of greatest experts, e.g. Hicks (1902) and Miller (1933), which, over the years, have stressed the importance of small residual effects by seriously questioning the standard null interpretation. Additional interest may derive by exploring those approaches where Lorentz symmetry, rather than being postulated from scratch, represents an *emergent* phenomenon. In this modified perspective, one could conceivably detect the effects of absolute motion thus giving support to the idea of a non-zero ether-drift effect. Finally, other motivations may derive from those modern representations of the particle physics vacuum as a condensate of elementary quanta. These condense because their trivially empty vacuum is a meta-stable state and not the true ground state of the theory. This situation can be summarized by saying that:

> What we experience as empty space is nothing but the configuration of the Higgs field that has the lowest possible energy. If we move from field jargon to particle jargon, this means that empty space is actually filled with Higgs particles. They have 'Bose condensed' ('t Hooft 1997, p. 70).

The explicit translation from field jargon to particle jargon, with the substantial equivalence between the effective potential of quantum field theory and the energy density of a dilute particle condensate, can be found for instance in Consoli, Stevenson (2000). The symmetric vacuum, with vanishing Higgs field, will eventually be re-established by heating the system above a critical temperature where the condensate

"evaporates". This temperature in the Standard Model is so high that one tends to approximate the ordinary vacuum as a zero-temperature system. In this limit, the physical vacuum should behave as a form of superfluid medium (Volovik 2001) that is not trivially empty but through which bodies should flow without any apparent friction.

Clearly, this form of quantum vacuum is not the kind of ether imagined by Lorentz. However, if possible, this modern view of the vacuum state is even more different from the empty space-time of Special Relativity that Einstein had in mind in 1905. Therefore, one may ask if Bose condensation, i.e. the macroscopic occupation of the same quantum state, say $\mathbf{k} = 0$, in some reference frame can represent the operative construction of a *quantum ether*. This characterizes the physically realized form of relativity and could play the role of preferred reference frame in a modern Lorentzian approach. The key point is that exact Lorentz invariance of the vacuum state requires imposing the problematic condition of a zero vacuum energy (see e.g. Streater, Wightman 1964). This only holds in theories with an exact supersymmetry, which are not phenomenologically viable. Alternatively, with a non-zero energy of the reference vacuum state, a Lorentz transformation could produce an energy-momentum flow in a moving frame **S'**. This would behave as an effective thermal gradient and could affect the various forms of matter differently, for instance by producing tiny convective currents in loosely bound systems such as gases or dissipating mainly by heat conduction in strongly bound systems such solids or liquid dielectrics. In the first case, convective currents of the gas molecules along the light path could give rise to a slight anisotropy of the velocity of light that, in principle, could explain the small residuals of the classical experiments.

With this in mind, we have undertaken a careful reanalysis of these classical experiments to first check Hicks' and Miller's claims and then compare with quantitative predictions in a modern theoretical framework. The results of our analysis have been presented in Consoli *et al.* (2013), to which we address the reader for all details. The conclusions of that work are striking: Hicks and Miller were right. The traditional null interpretation is far from obvious. In addition, by using Lorentz transformations to connect the Earth's frame to a hypothetical Lorentzian preferred frame, the small observed residuals point to an average Earth's velocity of about 300 km/s, as in most cosmic motions. A common feature is the irregular behavior of the data. While this has motivated, so far, their standard interpretation as instrumental artifacts, our new re-analysis of the very accurate Joos experiment gives definite indications for the type of Earth's motion associated with the CMB anisotropy and thus leaves little space for this traditional interpretation. The new explanation requires instead a view of the vacuum as a stochastic medium, similar to a fluid in a turbulent state of motion, in agreement with basic foundational aspects of both quantum physics and relativity. The overall consistency of this picture with the present experiments with vacuum optical resonators and the need for a new generation of dedicated ether-drift experiments were also emphasized in Consoli *et al.* (2013).

In the following, we will summarize these results, by first discussing in Sects. 2 and 3 the basics of the ether-drift experiments and pointing out some non-trivial aspects, related to the nature of the vacuum as a quantum medium, which have always

been overlooked in the standard analysis. Then, in Sect. 4, as an example, we will review the original experiment performed by Michelson and Morley in 1887. A summary of the other experiments, as presented in Consoli *et al.* (2013), and in particular the intriguing aspects of the most precise version performed by Joos in 1930, can be found in the final Sect. 5.

2. Basics of the ether-drift experiments

Traditionally, the Michelson-Morley experiment is presented from the point of view of an observer sitting in the reference frame of the ether, say **Σ**. However, the experiment is performed in the Earth's frame, say **S'**. One only needs very little thought to realize that everything becomes much simpler by adopting the point of view of this observer. In fact, by assuming the validity of Lorentz transformations, the length of a rod, in the frame where this is at rest, does *not* depend on its orientation. Therefore any non-zero fringe shift, upon rotation of a Michelson interferometer, can only be due to an *anisotropy* of the velocity of light, say $\mathbf{c_\gamma(\theta)}$, where $\boldsymbol{\theta}$ indicates the angle between the direction of light propagation and the Earth's velocity. The interference fringes then depend on the time difference for light propagating back and forth along a path of length **D** over directions $\boldsymbol{\theta}$ and $\boldsymbol{(\pi/2 + \theta)}$, which is given by the expression (see Fig. 1):

$$\Delta T(\theta) = \frac{2D}{\bar{c}_\gamma(\theta)} - \frac{2D}{\bar{c}_\gamma(\pi/2+\theta)} . \tag{2}$$

where we have introduced the *two-way* velocity (the only one which can be unambiguously measured)

$$\bar{c}_\gamma(\theta) = \frac{2c_\gamma(\theta)c_\gamma(\pi+\theta)}{c_\gamma(\theta)+c_\gamma(\pi+\theta)} . \tag{3}$$

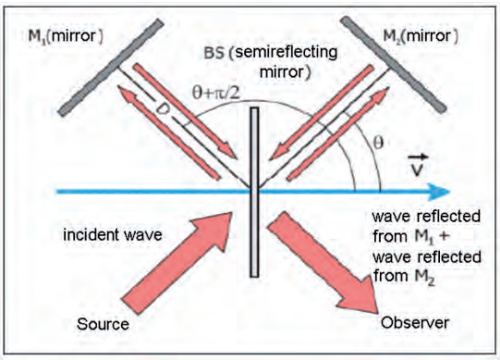


Fig. 1. The typical scheme of Michelson interferometer

To analyze this quantity, let us start from the standard assumption to approach ether-drift experiments: any possible light anisotropy should vanish when both the observer

and (the container of) the medium where light propagates are at rest in the hypothetical **Σ**. Therefore, in the physical case where instead both the observer and (the container of) the medium are at rest in the laboratory frame, any possible anisotropy should vanish identically in the *two* limits when either **V** = 0 (i.e. when **S' ≡ Σ**) or when the velocity of light coincides with the basic parameter **c** entering Lorentz transformations. The classical ether-drift experiments were performed in gaseous media (air or helium at atmospheric pressure) where the refractive index $\mathbf{N = 1+\varepsilon}$ is extremely close to unity. Thus, by expanding in the two small parameters $\boldsymbol{\beta} = \mathbf{V/c}$ and $\boldsymbol{\varepsilon}$, any possible anisotropy should start to $\mathbf{O(\varepsilon\,\beta)}$ for the one-way velocity and to $\mathbf{O(\varepsilon\,\beta^2)}$ for the two-way velocity which is invariant under the replacement $\boldsymbol{\beta} \to -\boldsymbol{\beta}$. At the same time, for any fixed $\boldsymbol{\beta}$, the two-way is invariant under the replacement $\boldsymbol{\theta} \to \boldsymbol{\pi} + \boldsymbol{\theta}$. Therefore, one can write down the general expression

$$\bar{c}_\gamma(\theta) = \frac{c}{N}\left[1 - \varepsilon\beta^2 \sum_{n=0}^{\infty} \varsigma_{2n} P_{2n}(\cos\theta)\right]. \tag{4}$$

where the angular symmetry of the two-way velocity has been expressed as an infinite expansion of even-order Legendre polynomials with unknown coefficients $\boldsymbol{\varsigma_{2n}}$. In Einstein's Special Relativity these coefficients should vanish identically. In a Lorenzian formulation, on the other hand, there is no reason why they should vanish *a priori*.

A crucial point is that *exactly* the same equation (4) is obtained (Consoli *et al.* 2013) if, along the light path, there were convective currents of the gas molecules associated with an Earth's absolute velocity **V**. This alternative derivation, motivated by the idea of the fundamental energy-momentum flow that might be associated with a non-zero vacuum energy, provides a dynamical basis for Eq. (4) and a new approach to the unexplained residuals of the classical ether-drift experiments where light was still propagating in gaseous systems. In this scheme, one can also understand the difference with experiments performed in strongly bound systems, such as solid or liquid transparent media, as in the Shamir-Fox experiment (Shamir, Fox 1969). Being aware that the classical experiments might also admit a non-null interpretation proportional to $\mathbf{(N-1)\,\beta^2}$, they selected a medium where the effect of the refractive index could have been enhanced (i.e. perspex where **N** = 1.5). Since this enhancement was not observed, they concluded that the experimental basis of Special Relativity was strengthened. However, with the proposed mechanism, in solid and liquid dielectrics one expects that a small energy flux, generated by the motion with respect to the vacuum condensate, should mainly dissipate by heat conduction with no appreciable particle flow and no light anisotropy in the rest frame of the medium. Thus one has a physical argument to understand the two different behaviors.

Now Eq. (4) is exact, to the given accuracy, and could be used directly to compare with experiments by leaving out the first few $\boldsymbol{\varsigma_{2n}}$s as free parameters in the fits to the data. This general structure can however be compared with the particular form which is obtained by using Lorentz transformations (Consoli *et al.* 2013, appendix A) to relate the effective metric $\mathbf{g_{\mu\nu}}$, which governs light propagation when the gaseous medium is at rest in the laboratory **S'** frame to the reference, isotropic metric

$$\gamma^{\mu\nu} \equiv (N^2, -1, -1, -1) \tag{5}$$

which describes light propagation when the same gaseous medium is at rest in Σ. In this way, one finds

$$\bar{c}_\gamma(\theta) = \frac{c}{N}\left[1 - \varepsilon\beta^2(2 - \sin^2\theta)\right] \tag{6}$$

which corresponds to set in Eq. (4) $\varsigma_0 = 4/3$, $\varsigma_2 = 2/3$ and the remaining $\varsigma_{2n} = 0$ for all $\mathbf{n > 1}$. Eq. (6) represents a definite realization of the general structure in (4) and provides a partial answer to the problems posed by our limited knowledge of the electromagnetic properties of gaseous systems. As such, it can be adopted as a model for the two-way velocity of light. In this way, one obtains the anisotropy

$$\Delta\bar{c}_\theta \equiv \frac{\bar{c}_\gamma(\pi/2 + \theta) - \bar{c}_\gamma(\theta)}{c} \approx (N-1)\frac{v^2}{c^2}\cos 2(\theta - \theta_0) \tag{7}$$

where the pair $(\mathbf{v}, \theta_0)$ describes the projection of $\mathbf{V}$ onto the relevant plane. By using Eq. (2), one then obtains the pattern of the interference fringes

$$\frac{\Delta\lambda(\theta)}{\lambda} = \frac{c\Delta T(\theta)}{\lambda} \approx \frac{D}{\lambda}\frac{v_{obs}^2}{c^2}\cos 2(\theta - \theta_0) \equiv A_2 \cos 2(\theta - \theta_0) \tag{8}$$

where we have introduced the amplitude of the 2nd-harmonic effect $\mathbf{A_2}$ and the *observable* velocity

$$v_{obs}^2 \approx 2(N-1)v^2 \ll v^2. \tag{9}$$

In this way, in terms of the observable velocity, Eq. (8) has the same form as in the classical formula

$$\left[\frac{\Delta\lambda(\theta)}{\lambda}\right]_{class} = \frac{D}{\lambda}\frac{v^2}{c^2}\cos 2(\theta - \theta_0) \equiv A_2^{class}\cos 2(\theta - \theta_0). \tag{10}$$

Therefore, in this scheme, the interpretation of the experiments is transparent. According to Special Relativity, there can be no fringe shift upon rotation of the interferometer. In fact, the frame of isotropic propagation is always assumed to coincide with the laboratory frame **S'**, where (the container of) the gaseous medium is at rest, and thus one has $\mathbf{v_{obs} = v = 0}$. On the other hand, if there were fringe shifts, one could try to deduce the existence of a preferred frame provided the following minimal requirements are fulfilled:

1. the fringe shifts exhibit an angular dependence of the type in Eq. (8),
2. by using gaseous media with different refractive index one gets consistency with Eq. (9) in such a way that different observable velocities correspond to the same kinematical **v**.

3. Reconsidering the classical ether-drift experiments

Classical ether-drift experiments were performed before relativity and quantum theory could be fully exploited. Thus, the model to compare with the data was the old classical

prediction Eq. (10). In this scheme the predictions, although being formally $\mathbf{O(v^2/c^2)}$ were *large* as compared to the extraordinary sensitivity of the Michelson interferometer. One was also expecting smooth modulations because the only time dependence was associated with slow effects such as the daily Earth's rotation and its annual orbital revolution. As it is well known, this simple theoretical framework did *not* fit with the observations. In fact, the experimental fringe shifts, even though slightly larger than the experimental resolution, were much smaller than those classically expected for a velocity $\mathbf{v}$ = 30 km/s (the Earth's orbital velocity about the Sun and consequently, at that time, the minimum anticipated drift velocity). Also the observed pattern was highly irregular because observations performed at the same time on consecutive days could differ sizeably. This has always represented a strong argument to interpret the data as pure instrumental effects or "null results". As anticipated, however, Hicks (1902) and Miller (1933) have seriously questioned the traditional null interpretation. This suggests that, in some alternative framework, the small and irregular effects could acquire a definite physical meaning. To this end, let us consider the basic Eqs. (8) and (9). The main point of such representation is that the effects are now suppressed by the very small factor $2(\mathbf{N} - 1)$. Therefore, for air, where the refractive index $\mathbf{N}$ = 1.00029, the fringe shifts for the typical kinematical $\mathbf{v}$ = 300 km/s of most cosmic motions would be about 17 times smaller than those classically expected for $\mathbf{v}$ = 30 km/s from Eq. (10). For gaseous helium, where $\mathbf{N}$ = 1.000035, the effect would be even 140 times smaller.

Then, the real question might not concern the existence of the ether-drift effect itself but, rather, the theoretical model to compare observations performed at different times and in different places. Within the scheme of Eqs. (8) and (9), the crucial information is contained in the two time-dependent functions $\mathbf{v = v(t)}$ and $\boldsymbol{\theta_0 = \theta_0(t)}$, respectively the magnitude of the ether-drift effect and its apparent direction in the plane of the interferometer. So far, they have always been computed from of a cosmic Earth's velocity (with well-defined magnitude $\mathbf{V}$, right ascension $\boldsymbol{\alpha}$ and angular declination $\boldsymbol{\gamma}$ by using spherical trigonometry. Here, however, there is a logical gap. In fact, by comparing the Earth's motion with that of a body in a fluid, this standard picture amounts to a pure laminar flow where global and local velocity fields coincide. But the relation between the macroscopic Earth's motions and the ether-drift experiments depends on the physical nature of the vacuum. If this is a true quantum medium, the fringe shifts will likely exhibit the typical irregular (non-deterministic) pattern which characterizes any quantum measurement. Then, consistently with basic foundational aspects of quantum physics and relativity (for a review see e.g. Consoli *et al.* 2014), rather than adopting the simple classical model of a laminar flow, one could try to compare with models of *turbulent* flow, see Fig.2.

In this new perspective, the situation changes completely. In fact, in numerical simulations of highly turbulent flows at small-scales, see e.g. Fung *et al.* (1992), the parameters that describe the macroscopic motion of a body (the Earth's motion in our case) are only used to fix the limiting boundaries for a microscopic velocity field, which has instead an intrinsic *stochastic* nature. Therefore if, in agreement with Kolmogorov's theory of a fluid with vanishingly small viscosity (Kolmogorov 1941), the microscopic flow were assumed to be statistically isotropic, the stochastic velocity

components would vary within the same range in all directions. In this case, the averages of all vectorial observables would vanish by simply increasing the number of observations and, in our case of the ether-drift experiments, by performing more and more observations, at the same sidereal time; fringe shifts would unavoidably average to zero. Clearly, such vanishing of the averages would *not* mean that there is no ether-drift but only that it becomes non trivial to reconstruct the kinematical parameters from microscopic measurements of the velocity of light in a laboratory. With this proviso, we shall now review the original 1887 Michelson-Morley experiment.

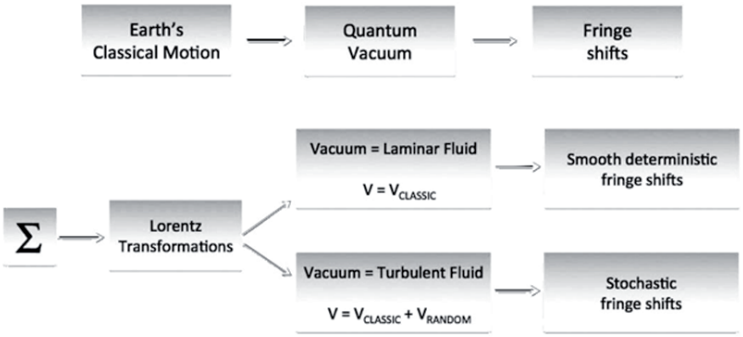


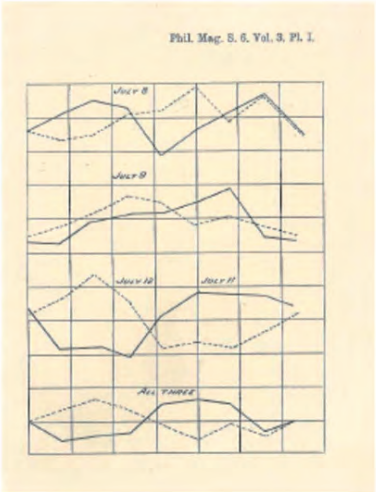
Fig. 2. The two possible ways to relate Earth's classical motion and fringe shifts

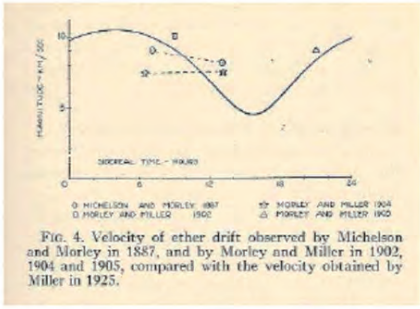
4. The original Michelson-Morley experiment

The Michelson-Morley experiment (Michelson, Morley 1887) is probably the most famous experiment in the history of physics. Its result and its interpretation have been (and are still) the subject of endless controversies. For instance, for some time there was the idea that, by taking into account the reflection from a moving mirror and other effects, the predicted shifts would be largely reduced and become unobservable. These points of view are summarized in Hedrick's contribution to the Conference on the Michelson-Morley experiment (Michelson *et al.* 1928), held in Pasadena in February 1927, which was attended by the greatest experts of the time, in particular Lorentz and Michelson. The arguments presented by Hedrick were, however, refuted by Kennedy (1935) in a paper of 1935 where, by using Huygens principle, he re-obtained to order $\mathbf{O(v^2/c^2)}$ the classical result of Eq. (10). In this way, the fringe shift is a second-harmonic effect, i.e. periodic in the angular range $\mathbf{[0, \pi]}$ whose amplitude $\mathbf{A_2}$ is predicted differently by using the classical formulas or Lorentz transformations (8) and (9). Now, for the Michelson-Morley interferometer the whole effective optical path was about D=11 meters, or $\mathbf{2{\cdot}10^7}$ in units of light wavelengths, so for a velocity v = 30 km/s the expected classical 2nd-harmonic amplitude was $\mathbf{A_2} \approx 0.2$ This value can thus be used as a reference point to obtain an observable velocity, in the plane of the interferometer, from the actual measured value of $\mathbf{A_2}$ through the relation

$$\mathbf{v_{obs} \approx 30 km/s\sqrt{\frac{A_2}{0.2}}} \tag{11}$$

Michelson and Morley performed their six observations in 1887, on July 8th, 9th, 11th and 12th, at noon and in the evening, in the basement of the Case Western University of Cleveland. Each experimental session consisted of six turns of the interferometer performed in about 36 minutes. As well summarized by Miller (1933), "the brief series of observations was sufficient to show clearly that the effect did not have the anticipated magnitude. However, and this fact must be emphasized, the indicated effect was not zero". The same conclusion had already been obtained by Hicks (1902): "the data published by Michelson and Morley, instead of giving a null result, show distinct evidence for an effect of the kind to be expected".





Figs. 3-4. The Michelson-Morley fringe shifts as reported by Hicks. Solid and dashed lines refer respectively to noon and evening observation (left). The magnitude of the observable velocity measured in various experiments as reported by Miller (right)

Namely, there was a second-harmonic effect. But its amplitude was substantially smaller than the classical expectation, see Fig. 3. Quantitatively, the situation can be summarized in Fig. 4, taken from Miller (1933), where the values of the effective velocity measured in various ether-drift experiments are reported and compared with a smooth curve fitted by Miller to his own results as function of the sidereal time. For the Michelson-Morley experiment, the average observable velocity reported by Miller is about 8.4 km/s. Comparing with the classical prediction for a velocity of 30 km/s, this means an experimental 2nd-harmonic amplitude $\mathbf{A_2} \approx 0.016$ which is about twelve times smaller than the expected result. Now, neither Hicks nor Miller reported an estimate of the error on the 2nd-harmonic extracted from the Michelson-Morley data. To understand the precision of their readings, we can look at the original paper (Michelson, Morley

1887) where one finds the following statement: "The readings are divisions of the screw-heads. The width of the fringes varied from 40 to 60 divisions, the mean value being near 50, so that one division means 0.02 wavelength".

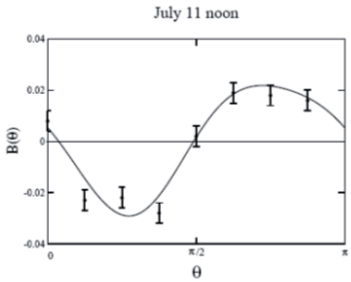


Fig. 5. A fit to the even combination B(θ) Eq. (12). The second harmonic amplitude is A_2^{EXP}=0.025±0.005 and the fourth harmonic is A_4^{EXP}=0.004 ± 0.005. The figure is taken from Consoli, Costanzo (2004a). Compare the data with the solid curve of July 11th shown in Fig. 3

Now, in their tables Michelson and Morley reported the readings with an accuracy of 1/10 of a division (example 44.7, 44.0, 43.5, …). This means that the nominal accuracy of the readings was ± 0.002 wavelengths. In fact, in units of wavelengths, they reported values such as 0.862, 0.832, 0.824, … Furthermore, this estimate of the error agrees well with Born's book (Born 1962) where, when discussing the classically expected fractional fringe shift upon rotation of the apparatus by 90 degrees, about 0.37, he explicitly says: "Michelson was certain that the one-hundredth part of this displacement would still be observable" (i.e. 0.0037). Therefore, to be consistent with both the original Michelson-Morley article and Born's quotation of Michelson's thought, the value ± 0.004 was adopted (Consoli, Costanzo 2004a; Consoli *et al.* 2013) as an estimate of the error in the fits to the Michelson-Morley experimental data.

The values of all experimental fringes can be found in Consoli, Costanzo (2004a) and in Consoli *et al.* (2013). Notice only that, to meaningfully fit $\mathbf{A_2}$, one should first combine the data

$$\mathbf{B(\theta) = \frac{\Delta\lambda(\theta) + \Delta\lambda(\pi + \theta)}{2\lambda}} \tag{12}$$

to get rid of any odd harmonics, see e.g. Fig. 5. From our analysis, as one can see by inspection of Tab. 1, Miller's average value $\mathbf{A_2} \approx 0.016$ is completely confirmed.

By using our Eqs. (8) and (9), these values give an observable velocity $\mathbf{v_{obs} \approx (8.4 \pm 1.6)}$ km/s and, by taking into account the refractive index of air **N**=1.00029.., a true kinematical velocity $\mathbf{v \approx (349 \pm 66)}$ km/s.

While the individual values of $\mathbf{A_2}$ show a reasonable consistency, there are substantial changes in the apparent direction $\boldsymbol{\theta_0 = \theta_0(t)}$ of the ether-drift effect in the plane of the interferometer, the *azimuth*. This is the reason for the strong cancelations obtained when fitting together all noon sessions or all evening sessions. According to the usual interpretation, the large spread of the azimuths is taken as indication that any

non-zero fringe shift is due to pure instrumental effects. However, as emphasized in Sect. 3, this type of discrepancy could also indicate an unconventional form of ether-drift where there are substantial deviations from the standard picture of the ether-drift as a smooth, periodic phenomenon. In any case, the observed strong variations of the azimuth are in qualitative agreement with the analogous values reported by Miller. To this end, compare with Fig. 22 of Miller (1933) and in particular with the large scatter of the data taken around August 1st, as this represents the epoch of the year which is closer to the period of July when the Michelson-Morley observations were actually performed. Thus one could also conclude that individual experimental sessions indicate a definite non-zero ether-drift but the azimuth does not exhibit the smooth trend expected from the conventional picture.

SESSION	A_2
July 8 (noon)	0.010 ± 0.005
July 9 (noon)	0.015 ± 0.005
July 11 (noon)	0.025 ± 0.005
July 8 (evening)	0.014 ± 0.005
July 9 (evening)	0.011 ± 0.005
July 12 (evening)	0.024 ± 0.005

Tab. 1. The amplitude of the fitted second-harmonic component A_2 for the six experimental sessions of the Michelson-Morley experiment

For completeness, we add that the large spread of the various $\boldsymbol{\theta_0}$ values might also reflect a particular systematic effect pointed out by Hicks (1902). As described by Miller (1933)

> before beginning observations the end mirror on the telescope arm is very carefully adjusted to secure vertical fringes of suitable width. There are two adjustments of the angle of this mirror which will give fringes of the same width but which produces opposite displacements of the fringes for the same change in one of the light-paths (Miller 1933, p. 210).

Since the relevant shifts are extremely small,

> the adjustments of the mirrors can easily change from one type to the other on consecutive days. It follows that averaging the results of different days in the usual manner is not allowable unless the types are all the same. If this is not attended to, the average displacement may be expected to come out zero, at least if a large number are averaged (Hicks 1902, p. 34).

Therefore averaging directly the fringe shifts from various sessions represents a delicate issue and can introduce uncontrolled errors. Clearly, this relative sign does not affect the values of $\mathbf{A_2}$ and this is why averaging the 2nd-harmonic amplitudes is a safer procedure.

However, it can introduce spurious changes in the apparent direction of the ether-drift. In fact, an overall change of sign of the fringe shifts is equivalent to replacing $\boldsymbol{\theta_0 \rightarrow \theta_0 + \pi/2}$. As a matter of fact, Hicks concluded that the fringes of July 8th were of different type from those of the remaining days. Thus for his averages (in our Fig. 3) "the values of the ordinates are one-third of July 9 + July 11 - July 8 and one-third of July 9 + July 12 - July 8" (Hicks 1902) for noon and evening sessions respectively.

Let us finally compare with the interpretation that Michelson and Morley gave of their data. They start from the observation that "the displacement to be expected was 0.4 fringe" while "[…] the actual displacement was certainly less than the twentieth part of this". In this way, since the displacement is proportional to the square of the velocity, "the relative velocity of the earth and the ether is […] certainly less than one-fourth of the orbital earth's velocity". The straightforward translation of this upper bound is $\mathbf{v}_{\mathrm{obs}} < 7.5$ km/s. However, this estimate is likely affected by a theoretical uncertainty. In fact, in their Fig. 6, Michelson and Morley reported their measured fringe shifts together with the plot of a theoretical second-harmonic component. In doing so, they plotted a wave of amplitude $\mathbf{A_2} = 0.05$, that they interpret as *one-eighth* of the theoretical displacement expected on the base of classical physics, thus implicitly assuming $\mathbf{A_2^{class}} = 0.4$. As discussed above, the amplitude of the classically expected second-harmonic component is *not* 0.4 but is just one-half of that, i.e. 0.2. Therefore, their experimental upper bound $\mathbf{A_2} < (0.4)/20 = 0.02$ is actually equivalent to $\mathbf{v_{obs}} < 9.5$ km/s. If we now consider that their estimates were obtained after superimposing the fringe shifts obtained from various sessions (where the overall effect is reduced) we deduce a substantial agreement with our result.

5. Summary of the classical ether-drift experiments and conclusions

The condensation of elementary quanta and their macroscopic occupation of the same quantum state is the essential ingredient of the vacuum of present-day elementary particle physics. In this description, one introduces implicitly a reference frame $\boldsymbol{\Sigma}$ where the condensing quanta have momentum $\mathbf{k} = 0$, which characterizes the physically realized form of relativity and could play the role of preferred reference frame in a modern re-formulation of the Lorentzian approach. To this end, we have mentioned in the Introduction some general theoretical arguments related to the problematic notions of a non-zero vacuum energy which induce to question the exact Lorentz-invariance of the vacuum state. These arguments suggest the possibility of a tiny vacuum energy-momentum flux, associated with an Earth's absolute velocity $\mathbf{v}$, which could affect the various forms of matter differently. Namely, it could produce small convective currents in a loosely bound system such as a gas or dissipate mainly by heat conduction with no appreciable particle flow in strongly bound systems as liquid or solid transparent media. In the former case, by introducing the refractive index $\mathbf{N}$ of the gas, convective currents of the gas molecules would produce a small anisotropy, proportional to $\mathbf{(N - 1)(v/c)^2}$, of the two-way velocity of light in agreement with the general structure Eq. (4) or with its particular limit Eq. (6). Notice that this tiny anisotropy refers to the system

S' where the container of the gas is at rest. In this sense, contrary to standard Special Relativity, **S'** might not define a true frame of rest. This conceptual possibility can be objectively tested by comparing with ether-drift experiments in *gaseous systems*. These experimental conditions are those adopted in the classical experiments by Michelson-Morley, Illingworth, Miller, Joos, … Modern experiments, in fact, have only been performed in vacuum where, anyhow, one expects the difference between Special Relativity and a Lorentzian interpretation to be at the limit of visibility. Now, with this premise, a complete re-analysis of all classical experiments was performed in Consoli *et al.* (2013). The final results are summarized in Tab. 2.

Experiment	gas in the interferometer	$v_{\rm obs}$(km/s)	v(km/s)
Michelson-Morley(1887)	air	$8.4^{+1.5}_{-1.7}$	349^{+62}_{-70}
Morley-Miller(1902-1905)	air	8.5 ± 1.5	353 ± 62
Kennedy(1926)	helium	< 5	< 600
Illingworth(1927)	helium	3.1 ± 1.0	370 ± 120
Miller(1925-1926)	air	$8.4^{+1.9}_{-2.5}$	349^{+79}_{-104}
Michelson-Pease-Pearson(1929)	air	$4.5 \pm ...$	$185 \pm ...$
Joos(1930)	helium	$1.8^{+0.5}_{-0.6}$	330^{+40}_{-70}

Tab. 2. The average velocity observed (or the limits placed) by the classical ether-drift experiments in the alternative interpretation of Eqs. (6), (8), (9)

As a summary of that work, we want to emphasize the following points:

1. An analysis of the individual sessions of the original Michelson-Morley experiment, in agreement with Hicks (1902) and Miller (1933), (see our Figs. 3 and 4), gives no justification to its standard null interpretation. As discussed in Sect. 3, this type of analysis is more reliable. In fact, averaging directly the fringe displacements of different sessions requires two additional assumptions, on the nature of the ether-drift as a smooth periodic effect and on the absence of systematic errors introduced by the re-adjustment of the mirrors on consecutive days, that in the end may turn out to be wrong.
2. One gets consistent indications from the Michelson-Morley, Morley-Miller, Miller and Illingworth-Kennedy experiments. In view of this consistency, an interpretation of Miller's observations in terms of a temperature gradient (Shankland *et al.* 1955) is only acceptable provided this gradient represents a non-local effect as in our picture where the ether-drift is the consequence of a fundamental vacuum energy-momentum flow. We have also produced numerical simulations of the Illingworth experiment in a simple statistically isotropic and homogeneous turbulent-ether model. This represents a zeroth-order approximation and is useful to illustrate basic phenomenological features associated with the picture of the vacuum as an underlying stochastic medium. In this scheme, Illingworth's data are consistent with

fluctuations of the velocity field whose absolute scale is well described by the value **v** = 370 km/s which today is used to describe the Earth's motion with respect to the Cosmic Microwave Background (CMB).

3. On the other hand, there is some discrepancy with the experiment performed by Michelson, Pease and Pearson (MPP) (Michelson *et al.* 1929). However, as discussed in Consoli *et al.* (2013), the uncertainty cannot be easily estimated since only a single basic MPP observation (Pease 1930) is explicitly reported in the literature. Therefore, since Miller's extensive observations (Miller 1933, Fig. 22), within their errors, gave fluctuations of the observable velocity in the wide range 4-14 km/s, a single observation giving $\mathbf{v}_{obs} \approx 4$ km/s cannot be interpreted as a refutation. This becomes even truer by noticing that the single session selected by Pease (1930), within a period of several months, was chosen to represent an example of extremely small ether-drift effect.
4. Some more details are needed to account for the Joos observations (Joos 1930).

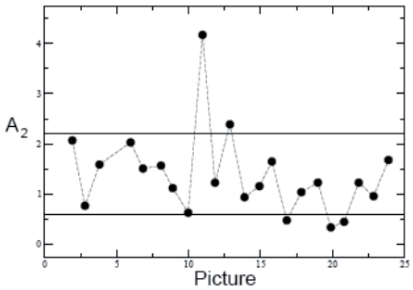


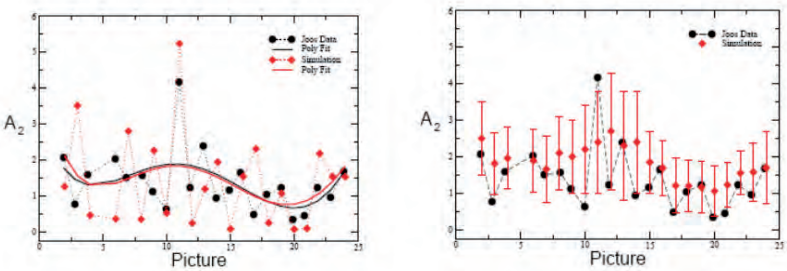
Fig. 6. The 2nd-harmonic amplitudes for all Joos' 22 observations, in units 10^{-3}. The vertical band between the two lines corresponds to the range $(1.4 \pm 0.8)\cdot 10^{-3}$

This experiment is particularly important since the data were collected at steps of 1 hour to cover the full sidereal day and were recorded by photocamera. For this reason, Joos' experiment is not comparable with other experiments (e.g. Michelson-Morley, Illingworth) where only observations at few selected hours were performed and for which, in view of the strong fluctuations of the azimuth, one can just quote the average magnitude of the observed velocity. Moreover, differently from Miller's, the amplitudes of all Joos' observations can be reconstructed from the published articles (Joos 1930) see Fig. 6. For these reasons, this experiment has deserved a more refined analysis and is central for our work. As discussed in Consoli *et al*. (2013), due to uncertainties in the original data analysis, the standard 1.5 km/s velocity value quoted for this experiment should be understood as an order of magnitude estimate and not as a true upper limit. Instead, our reported observable velocity $\mathbf{v}_{obs} \approx (1.8 \pm 0.5)$ km/s has

been obtained from a direct analysis of Joos' fringe shifts. From this value, to deduce a kinematical velocity, one still needs the refractive index.

The traditional view, motivated by Miller's review article (Miller 1933) and Joos' own statements (Joos 1930), is that the experiment was performed in an evacuated housing. In these conditions, it would be easy to reconcile a large kinematical velocity $\mathbf{v} \approx 350$ km/s with the very small values of the observable velocity.

On the other hand, Swenson (1970) explicitly reports that fringe shifts were finally recorded with optical paths placed in a helium bath. Since Joos' papers do not provide any definite clue on this aspect, we have decided to follow Swenson's indications. In this case, by simply correcting in Eq. (9) with the helium refractive index $\mathbf{N} = 1.000035$ the result $\mathbf{v}_{obs} \approx (1.8 \pm 0.5)$ km/s, one would get a kinematical velocity $\mathbf{v} \approx (217 \pm 72)$ km/s. However, as discussed in detail in Consoli *et al.* (2013), this is only a first partial view of Joos' experiment. In fact, by fitting Joos' experimental amplitudes to various forms of cosmic motion, one gets angular parameters which are very close to those that describe the CMB anisotropy, right ascension $\boldsymbol{\alpha} \approx 168$ degrees and declination $\boldsymbol{\gamma} \approx -6$ degrees. Still, to get a complete agreement, one should explain the absolute normalization of the amplitudes and the strong fluctuations of the data. Thus we have improved our analysis by performing various numerical simulations where the velocity components in the plane of the interferometer are not smooth functions but are represented as turbulent fluctuations whose Fourier components vary within time-dependent ranges which are controlled by the macroscopic parameters which describe the Earth's motion with respect to the CMB, say $(\mathbf{V}, \boldsymbol{\alpha}, \boldsymbol{\gamma})_{CMB.}$ Taking into account these stochastic fluctuations of the velocity field tends to increase the fitted average Earth's velocity, and can reproduce correctly Joos' 2nd-harmonic amplitudes and the characteristic scatter of the data, see Figs. 7 and 8 which are taken from Consoli *et al.* (2013).



Figs. 7-8. Joos' experimental amplitudes in Fig.6 are compared with numerical simulations of measurements performed at Joos' times. The stochastic velocity components are controlled by the kinematical parameters $(V,\alpha,\gamma)_{CMB}$. In Fig. 7 (left), a single simulation is shown and the typical variation of each simulated entry is $(1 \div 4))\cdot 10^{-3}$ depending on the sidereal time. We also show two 5th-order polynomial fits to the two different sets of values. In Fig. 8 (right) we show the result of simulating the averaging process over 10 hypothetical measurements performed, at each Joos' time, on 10 consecutive days. The effect of varying the parameters of the simulation has been approximated into a central value and a symmetric error

In view of this consistency, we conclude that the range of kinematical velocities shown in Tab. 2 for Joos' experiment (which corresponds to the projection of the CMB motion at Joos' laboratory) is actually the most appropriate one. For this reason, the results reported in Tab. 2, besides providing an impressive evidence for a light anisotropy proportional to **(N-1) (v/c)^2**, with the realistic velocity values **v** ≈ 300 km/s of most cosmic motions, could also represent the first experimental indication for the Earth's motion with respect to the CMB.

This gives a strong motivation to repeat these crucial measurements with today's much greater accuracy. To this end, let us now briefly consider the modern ether-drift experiments. In these experiments, the test of the isotropy of the velocity of light consists in measuring the relative frequency shift Δ**ν** of two orthogonal optical resonators (for a comprehensive review see Müller *et al*. (2003). Here, the analog of Eq. (8), is

$$\frac{\Delta\nu}{\nu_0} \approx (N-1)\frac{v^2}{c^2}\cos 2(\theta-\theta_0) \tag{13}$$

where **N** is the refractive index of the gaseous medium filling the optical resonators and ν_0 their reference frequency. Testing this prediction requires replacing the high vacuum usually adopted within the optical resonators with a gaseous medium and studying the substantially larger frequency shift introduced with respect to the vacuum experiments.

This substantial enhancement is confirmed by the only modern experiment that has been performed in similar conditions: the 1963 experiment by Jaseja at MIT (Jaseja *et. al.* 1964). For a proper comparison, one has to subtract preliminarily a large systematic effect of about 270 kHz that was present in the data and interpreted by the authors as probably due to magnetostriction. As suggested by the same authors, this spurious effect, which was only affecting the normalization of the experimental Δ**ν**, can be subtracted by looking at the variations of the data. In this case, the residual variations of a few kHz are consistent (Consoli, Costanzo 2004a,b), see Fig. 9, with the refractive index **N** ≈ 1.00004 of the He-Ne mixture and the typical variations of the kinematic Earth's velocities reported in Tab. 2.

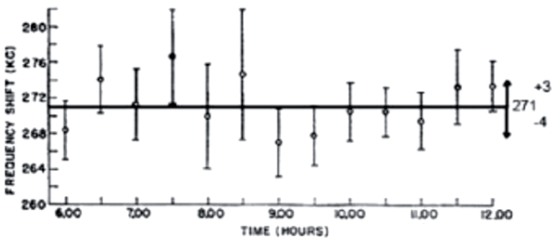


Fig. 9. Plot of relative frequency variation of two masers with 90° rotation as a function of the time of day between 6:00 a.m. and 12:00 noon on 20 January, 1963

Therefore we conclude that the non-trivial level of consistency of our analysis, by itself, motivates the new generation of precise laser interferometry experiments in

gaseous media. Apart from the potential important implications, without such definite clarification, the classical ether-drift experiments would remain as an inexplicable enigma for both physics and history of science.

Bibliography

Bell J.S. (1987). "How to teach special relativity", in Bell. J.S., *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 67-80.

Born M. (1956a). "Physics and Relativity", in A. Mercier und M. Kervaire (Hrsg.), *Fünfzig Jahre Relativitätstheorie*, (Bern, 11-16 July 1955), *Helvetica Physica Acta*, 29 (4), Supplementum IV, pp. 244-260. Reprinted in Born M. (1956b), pp. 189-206.

Born M. (1956b). *Physics in my generation*. London: Pergamon Press.

Born M. (1962). *Einstein's Theory of Relativity*. New York: Dover.

Consoli M., Stevenson P.M. (2000). "Physical mechanisms generating spontaneous symmetry breaking and hierarchy of scales". *International Journal of Modern Physics A*, 15 (1), pp. 133-157.

Consoli M., Costanzo E. (2004a). "Old and new ether-drift experiments. A sharp test for a preferred frame". *Il Nuovo Cimento B*, 119 (4), pp. 393-410.

Consoli M., Costanzo E. (2004b). "From classical to modern ether-drift experiments: the narrow window for a preferred frame". *Physics Letters A*, 333 (5-6), pp. 355-363.

Consoli M., Matheson C., Pluchino A. (2013). "The classical ether-drift experiments: A modern re-interpretation". *European Physical. Journal Plus*, 128, 71. DOI: 10.1140/epjp/i2013-13071-7.

Consoli M., Pluchino A., Rapisarda A., Tudisco S. (2014). "The vacuum as a form of turbulent fluid: Motivations, experiments, implications". *Physica A*, 394, pp. 61-73.

Dorling J. (1968). "Length contraction and clock synchronization: the empirical equivalence of Einsteinian and Lorentzian theories". *The British Journal for the Philosophy of Science*, 19, pp. 67-69.

Ehrenfest P. (1913). *Zur Krise der Lichtäther-Hypothese*. Leiden: Eduard IJdo; Berlin: Julius Springer. Reprinted in facsimile in Klein 1959, pp. 306–327.

Einstein A. (1905). "Zur Elektrodynamik bewegter Körper". *Annalen der Physik*, 17, pp. 891-921.

Fung J.C.H., Hunt J.C.R., Malik N.A., Perkins R.J. (1992). "Kinematic simulation of homogeneous turbulence by unsteady random Fourier modes". *Journal of Fluid Mechanics*, 236, pp. 281-318.

Giannetto E. (1993). "Jules-Henri Poincaré e la nascita della relatività speciale", Comunicazione al *LXXIX Congresso della Società Italiana di Fisica*, Udine 27 settembre - 2 ottobre 1993.

Hicks W.M. (1902). "On the Michelson-Morley experiment relating to the drift of the æther". *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 3, pp. 9-42.

Illingworth K.K. (1927). "A repetition of the Michelson-Morley experiment using Kennedy's refinement". *Physical Review*, 30, pp. 692-696.

Jaseja T.S., Javan A., Murray J., Townes C.H. (1964). “Test of special Relativity or of the isotropy of space by use of infrared masers”. *Physical Review*, 133, pp. A1221-A1225.

Joos G. (1930). “Die Jenaer Wiederholung des Michelsonversuchs”. *Annalen der Physik*, 399 (4), pp. 385-407.

Kennedy R.J. (1935). “Simplified theory of the Michelson-Morley experiment”. *Physical Review*, 47, pp. 965-968.

Klein M. J. (1959) (ed.). *Paul Ehrenfest. Collected scientific papers*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.

Kolmogorov A.N. (1941). “Local structure of turbulence in an incompressible liquid for very large Reynolds numbers”. *Doklady Akademiia Nauk SSSR*, 30 (4), pp. 299-303. Reprinted in *Proceedings of the Royal Society of London*, A 434, pp. 9-13 (1991).

Lorentz H.A. (1904). “Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity less than that of light”. *Proceedings of the Royal Academy of Sciences of Amsterdam*, 6, pp. 809-831.

Michelson A.A., Morley E.W. (1887). “On the relative motion of the Earth and the luminiferous ether”. *American Journal of Science*, 34, pp. 333-345.

Michelson A.A., Lorentz H.A., Miller D.C., Kennedy R.J., Hedrick E. R., Epstien P.S. (1928). “Conference on the Michelson-Morley experiment held at Mount Wilson Observatory, Pasadena, California, February 4-5, 1927 (Reports and Discussion)”. *Astrophysical Journal*, 68, pp. 341-402.

Michelson A.A., Pease F.G., Pearson F. (1929). “Repetition of the Michelson-Morley Experiment", *Journal of the Optical Society of America*, 18 (3), pp. 181-182.

Miller, D.C. (1933). “The ether-drift experiment and the determination of the absolute motion of the Earth”, *Reviews of Modern Physics*, 5, pp. 203-242.

Müller H., Herrmann S., Braxmaier C., Schiller S., Peters A. (2003). “Precision test of the isotropy of light propagation” *Applied Physics B*, 77 (8), pp. 719-731.

Pease F.G. (1930). “Ether drift data”. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 42, pp. 197-202.

Poincaré H. (1902). *La Science et l’Hypothèse*. Paris: Flammarion.

Poincaré H. (1905). “Sur la dynamique de l’électron”. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 140, pp. 1504-1508.

Shamir J., Fox R. (1969). “A new experimental test of special relativity”. *Il Nuovo Cimento B*, 62, pp. 258-264.

Shankland R.S., McCuskey S.W., Leone F.C., Kuerti G. (1955). “New analysis of the interferometer observations of Dayton C. Miller”. *Reviews of Modern Physics*, 27 (2), pp. 167-178.

Streater R.F., Wightman A.S. (1964). *PCT, Spin and Statistics, and all that*. New York: Benjamin.

Swenson Jr. L.S. (1970). “The Michelson-Morley-Miller experiments before and after 1905”. *Journal for the History of Astronomy*, 1, pp. 56-78.

’t Hooft G. (1997). *In Search of the Ultimate Building Blocks*. Cambridge: Cambridge University Press.

Volovik G.E. (2001). “Superfluid analogies of cosmological phenomena”. *Physics Reports*, 351 (4), pp. 195-398.

The genesis of the quantum theory of the chemical bond Key ideas

Salvatore Esposito - INFN-Sezione di Napoli - Salvatore.Esposito@na.infn.it
Adele Naddeo - Dipartimento di Fisica "E. R. Caianiello", Università di Salerno - adelenaddeo@yahoo.it

Abstract: A brief historical overview is given of the key ideas that allowed the genesis of the quantum theory of the chemical bond, starting from the appearance of the new quantum mechanics and following later developments till approximately 1931. The focus is on the novel concepts introduced by the Heitler-London theory, which are here complemented by those underlying the method of molecular orbitals. Further improvements in the understanding of the nature of the chemical bond are also discussed.

Keywords: Quantum resonance, Molecular orbitals, Homopolar chemical bond.

1. Introduction

The prominence of molecular spectroscopy in the early investigations about the nature of the chemical bond, which paralleled the analogous atomic framework, persisted for some time in the first decades of the 20th century, also when the new quantum mechanics entered into the game. The basic idea to ascribe all the known phenomenology to either the rotation or the vibration motion of the nuclear component of the molecules, faced with the appearance of a fine structure in the molecular spectra that originated from electronic motion, and strongly influenced the observed band spectra. The main theoretical problem was, thus, to explain the relationship between the electronic motion and the band spectrum and, in this respect, the key contributions by F. Hund and (many) others, deduced from spectroscopic data, played a seminal role, though still within an effective old quantum theory framework (Hund 1926, 1927).

With the advent of quantum mechanics, however, appropriate and powerful theoretical tools became available in order to tackle the problem (Mehra, Rechenberg 1982), and it became possible – in principle – to write down an equation for any system of nuclei and electrons, whose solution would have provided thorough predictions on the stability of the molecular system. Nevertheless, the *n*-body problem revealed to be not amenable to exact analytical solutions, thus triggering the development of several approximation methods, even for simple molecular systems such as the hydrogen molecular ion and molecule. The general task of an approximate separation of variables in the Schrödinger equation was, finally, realized by M. Born and J.R. Oppenheimer

(Born, Oppenheimer 1927), who showed that, at a first approximation, the motion of the nuclei in the molecules could be neglected, and a well-defined hierarchy exists between electronic, vibrational and rotational states.

However, the development of a quantum theory of the chemical bond, especially for homopolar molecules, required the introduction of novel ideas in order both to understand the nature of the bond and to make reliable quantitative predictions.

As happened already in atomic physics, spectroscopy again contributed as a key tool towards the elaboration of such a theory, and several scientists, including Hund, R.S. Mulliken, G. Herzberg and J.E. Lennard-Jones, appealed to molecular spectroscopy in order to introduce the concept of molecular orbital. Although the initial intent was not to provide a true theory of the chemical bond, it finally led to a picture featuring the electrons in a molecule as each occupying an orbital stretching over the whole molecule: atoms lose their identity while starting to share electrons and, in this sense, a chemical bond arises. A different approach was, instead, envisaged by W. Heitler and F. London, who introduced the key idea of exchange forces (or quantum resonance), as borrowed by W. Heisenberg's theory of the helium atom (Heisenberg 1926).

A number of different refinements and generalizations of both approaches later appeared in the subsequent literature, but quantitative calculations remained much too complicated to allow tests of the novel ideas in molecules other than diatomic ones, such as those formed from hydrogen and helium atoms. Some additional light upon the intricate problem came also from the application of the powerful tools of group theory, although only few authors exploited it appropriately to get some insight into the mathematical form of the wave function, as deduced from the symmetry properties of the molecular system it describes.

The transmission of the achievements gained by the quantum theory of the chemical bond to people more accustomed to a chemistry-based language produced, remarkably, also a non-negligible result in the understanding of several points of the theory itself. L. Pauling and J.H. van Vleck, indeed, in addition to their own original contributions to the subject, wrote some review papers that served to clarify substantially the physical meaning of the novel concepts introduced, and thus helped to digest the corresponding mathematical results, both to chemists and physicists.

In the present contribution the key contributions that allowed the genesis of a quantitative quantum theory of the chemical bond are analyzed. The method of molecular orbitals and that of Heitler-London are discussed in Sections 2 and 3, respectively, together with a further inspection about the nature of the valence bond. Final remarks are then summarized in our concluding section.

2. Molecular orbitals

The relationship between the spectral terms of the component atoms and those of the molecule formed was the focus of early theoretical interpretations of spectroscopic data, with or without the proper aid of group theory. The result of this search was a classification of all the possible molecular terms, but without any explanation about

their stability. The first step towards the understanding of such a point was performed already by Hund (Hund 1928, 1930), who, by extending previous ideas, assigned to each electron within a molecule a definite and unique series of quantum numbers, coming out from the fact that each electron has a given angular momentum quantized along the molecular axis and from the same atomic quantum numbers which it would have if the component atoms were pushed together to form a "united atom".

Just along the lines followed by Hund, in 1928 Mulliken provided a general spectroscopic interpretation of the band spectrum (Mulliken 1928) aimed at assigning appropriate "molecular" quantum numbers to the electrons in (non rotating) diatomic molecules.

> Hund's work enables us to understand how a continuous transition can exist between ionic and atomic binding. Briefly, the molecule may be said to be latent in the separated atoms; in a certain sense, the molecular quantum numbers already exist before the atoms come together, but take on practical importance, at the expense of the atomic quantum numbers, only on the approach of the atoms to molecular distances. This of course does not exclude the possibility that in some cases a quantum jump in the usual sense may be needed to reach the most stable state of the molecule (Mulliken 1928, p. 189).

The Pauli principle was recognized to hold in molecules as well, and its application allowed to classify the possible molecular states corresponding to a given electron configuration. Indeed, Mulliken's idea was to study the group theory properties of spectral terms, but without the use of group theory.

The relative energies of the different electronic levels, which can be obtained – in the limiting case of zero internuclear distance – when molecular states collapse on atomic states, were deduced theoretically by Hund (Hund 1928, 1930), but, in the more involved case of intermediate internuclear distances, no simple limit exists, and the energy levels were obtained by interpolation and then fitted to the experimental data, in order to produce a smooth transition between the two extreme limiting cases (zero or infinity internuclear distance). Both Hund and Mulliken realized as well that the table of energy levels had to be supplemented by certain empirical rules, but while Hund tried to limit the intersections of the possible transitions from a given state of the separated atoms to the corresponding states of the united atom, Mulliken adopted the hypothesis of a constant number of σ, π, ... electrons during such transitions.

In order to improve the results obtained, Mulliken tried to determine and classify the electronic states of the atomic products (i.e. one excited atom or ion) resulting from the dissociation of unexcited molecules when increasing the vibrational quantum number of the corresponding states. In Mulliken's own words, the basic assumption of his theory was that

> Molecular stability is primarily a matter of promotion energy, rather than of valence bonds in the sense of Lewis or London (Mulliken 1929, p. 730).

He thus looked at a molecule as at a collection of nuclei fixed in given spatial locations and surrounded by an electron cloud (Mulliken 1932), and it was soon easy to take the next step and thus embed each electron into a "molecular orbital" which spreads over the whole molecule: as the atoms approach each other, they lose their identity and share electrons, giving rise to the chemical bond.

In 1929, Lennard-Jones (1929) further developed Mulliken's ideas, and introduced a clear distinction between atomic levels and molecular levels within a molecule: molecular levels give rise to binding while atomic ones produce repulsion due to an asymmetry of the corresponding. He then set up an *Aufbau* method for molecules analogous to that for atoms:

> We suppose a molecule built up in the following way. We add one charge at a time to each nucleus and then, supposing the nuclei held fixed, add to the system two electrons successively. The system is then allowed to take up its equilibrium value adiabatically. Next, we add the components of the angular momenta about the nuclear axis [...]. Then, as in atoms, we add the electron spins to determine the multiplicity (Lennard-Jones 1929, p. 672).

The effect of core electrons was supposed to produce only an imperfect screening of the charge of the nucleus, depending on the configuration of the outer electron, and the effective charge had to be adjusted in order to give rise to the observed energy level for the atomic states. Vibrational and rotational effects were, instead, assumed to be small perturbations on the electronic configuration, and thus negligible. Of course, that didn't apply to the light molecule He_2, so that Lennard-Jones' work was mainly devoted to describe the ground levels or excited states of heavier molecules. In particular, he explicitly built up the electronic structures of the series of diatomic molecules and molecular ions from Li_2 to F_2 (but also applied his method to H and He molecular compounds).

Hund's and Mulliken's original ideas about molecular orbitals were mainly qualitative in nature, aimed to deal with spectroscopic data in the "style" of the old quantum theory, and the implementation of the molecular orbital concept into a mathematical formulation suitable for application to quantum mechanics took some time to be performed. However, the method of molecular orbitals originally devised by Hund, Mulliken and Lennard-Jones, was eventually translated into a method for the writing of appropriate molecular wave functions to be used in suitable approximations to be adopted in order to solve the relevant Schrödinger equation.

An especially clear formulation was provided later (in 1935) by van Vleck (van Vleck, Sherman 1935, p. 169), from whom we quote:

> A *molecular orbital* is defined as a wave function which is a function of the coordinates of only one electron, and which is, at least hypothetically, a solution of a dynamical problem involving only one electron. The method of molecular orbitals seeks to approximate the wave function of a molecule containing *n* electrons as the product of *n* molecular orbitals, so that

$$\Psi = \psi_1(x_1, y_1, z_1)\psi_2(x_2, y_2, z_2)\ldots\psi_n(x_n, y_n, z_n).$$

For a diatomic molecule this becomes:

$$\Psi = a^2 \psi_A(1)\psi_A(2) + b^2 \psi_B(1)\psi_B(2) + ab\left[\psi_A(1)\psi_B(2) + \psi_A(2)\psi_B(1)\right],$$

where ψ_A and ψ_B are atomic orbitals for atoms *A* and *B*. It is evident that terms such as $\psi_A(1)\psi_A(2)$ and $\psi_B(1)\psi_B(2)$ imply that electrons 1 and 2 are both on the atom *A* or on the atom *B*, so that they represent ionic terms while the remaining terms $\psi_A(1)\psi_B(2)$ and $\psi_A(2)\psi_B(1)$ are characterized by one electron on each atom, and then feature exchange terms.

3. Heitler-London theory

The Heitler-London theory (Heitler, London 1927; Heitler 1928) of homopolar molecules, indeed, was primarily based on symmetry properties of the wave functions as required by the Pauli exclusion principle, but the key novel idea was to extend Heisenberg's idea of resonance (Heisenberg 1926) by introducing purely quantum-mechanical exchange forces, as opposed to polarization forces. The rationale of their work was just the quest for a theoretical understanding of the interaction between neutral atoms (of which homopolar molecules are composed of), which led them to take into account the possibility of a non-polar binding.

Heitler and London investigated this issue by making explicit reference to the simplest examples of H_2 and He_2. The first problem they considered was the determination of the change in energy as experienced by two neutral hydrogen atoms in their ground states, when approaching each other up to a fixed distance R (taken as the distance between the two nuclei). The corresponding Schrödinger equation for the system of two nuclei a and b and two electrons 1 and 2, had to be solved, and, to this end, Heitler and London adopted a simple perturbation theory to be applied to unperturbed wave functions built up from the well-known eigenfunctions ψ_i, φ_i of the hydrogen atom for the *i*-electron (i = 1, 2) present on nucleus a, b. As unperturbed eigenfunctions they chose those characterized by one electron on the first nucleus and the other electron on the other nucleus, but since a two-fold degeneracy is present, the two following linear combinations were considered:

$$\begin{cases} \alpha = \dfrac{1}{\sqrt{2+2S}}\left(\psi_1\varphi_2 + \psi_2\varphi_1\right), \\ \beta = \dfrac{1}{\sqrt{2+2S}}\left(\psi_1\varphi_2 - \psi_2\varphi_1\right), \end{cases}$$

with normalization factors expressed in terms of the integral $S=\int\psi_1\varphi_1\psi_2\varphi_2 d\tau_1 d\tau_2$. From the expression above, it is clear that the two combinations α and β are symmetric and antisymmetric in the exchange of the two electrons 1 and 2 (or the two nuclei), respectively. The perturbation theory was applied, yielding the two perturbed energies corresponding to the above two states:

$$\begin{cases} E_\alpha = E_{11} - \dfrac{E_{11}S - E_{12}}{1+S}, \\ E_\beta = E_{11} + \dfrac{E_{11}S - E_{12}}{1-S}, \end{cases}$$

where E_{11} and E_{12} are the so-called Coulomb and exchange integrals. Here, the key result was the lifting of the initial degeneracy, and since the eigenfunction of atom a does not vanish in the spatial position occupied by atom b and vice versa, Heitler and London deduced that a finite probability exists for the electron of atom a to belong to b. A resonance phenomenon *à la* Heisenberg (1926) took place, $[h(E_\beta - E_\alpha)]^{-1}$ being the frequency of the average exchange between electrons.

> While in classical mechanics it is possible to label the electrons (we put each electron in a sufficiently steep potential well and do not allow energy addition), something similar is impossible in quantum mechanics: when at one moment in time one is certain to know one electron in the potential well, one can never be certain that in the next moment it does not exchange with another (Hettema 2000, p. 145 note 7).[1]

Heitler and London realized that the solution α doesn't have any node while the antisymmetric one β always has one node, so that $E_\beta > E_\alpha$. However, they also proceeded to give a quantitative estimate of such energies, starting from the calculation of E_{11} and E_{12}, but, while E_{11} was clearly interpreted as due to the pure Coulomb interaction of the charge distributions present in the molecule, the meaning of E_{12} was not so transparent. But they carried out the full calculation only for E_{11}, while obtaining simply an estimate for E_{12}. The exact evaluation of E_{12} was instead carried out some months later by Sugiura (1927), thus allowing the explicit evaluation of the moment of inertia and the oscillation frequency (and then the dissociation energy) of the hydrogen molecule, and, in the appropriate limit, also the ionization energy of the helium atom.

However (and correctly), here the focus was not on numerical predictions for the hydrogen molecule, but rather on the physical interpretation of the two solutions α, β obtained so far. Heitler and London interpreted the antisymmetric solution with energy E_β as representing the van der Waals repulsion between the two hydrogen atoms ("elastic reflection"), while that corresponding to the attractive potential E_α was identified with the formation of a stable homopolar molecule, the minimum of E_α representing the equilibrium configuration. They thus concluded that "the non-polar attraction is a characteristic quantum-mechanical effect" (Heitler, London 1927), driven just by their exchange interaction.

The interaction between two helium atoms was dealt with as well by the same authors. Here the basic units are the eigenfunctions ψ and φ for the two nuclei a and b, each one corresponding to two electrons, six combinations of their products being, in general, possible: $\psi_{12}\varphi_{34}$, $\psi_{34}\varphi_{12}$, $\psi_{13}\varphi_{42}$, $\psi_{42}\varphi_{13}$, $\psi_{14}\varphi_{23}$, $\psi_{23}\varphi_{14}$. Heitler and London, however, realized that two of them, $\psi_{13}\varphi_{42}$ and $\psi_{42}\varphi_{13}$, were forbidden by the Pauli principle, so that they introduced only the following linear combinations:

[1] Original article published in *Zeitschrift für Physik* (Heitler, London 1927).

$$\Psi_1 = \psi_{12}\varphi_{34} + \psi_{34}\varphi_{12}, \quad \Phi_1 = \psi_{12}\varphi_{34} - \psi_{34}\varphi_{12},$$
$$\Psi_2 = \psi_{14}\varphi_{23} + \psi_{23}\varphi_{14}, \quad \Phi_2 = \psi_{14}\varphi_{23} - \psi_{23}\varphi_{14},$$

and, within the same reasoning as for the H_2 molecule, the appropriate unperturbed wave functions resulted to be:

$$\alpha = \Psi_1 + \Psi_2 = \psi_{12}\varphi_{34} + \psi_{34}\varphi_{12} + \psi_{14}\varphi_{23} + \psi_{23}\varphi_{14}$$
$$\beta = \Psi_1 - \Psi_2 = \psi_{12}\varphi_{34} + \psi_{34}\varphi_{12} - \psi_{14}\varphi_{23} - \psi_{23}\varphi_{14}$$
$$\gamma = \Phi_1 = \psi_{12}\varphi_{34} - \psi_{34}\varphi_{12}$$
$$\delta = \Phi_2 = \psi_{14}\varphi_{23} - \psi_{23}\varphi_{14}$$

They also found that γ and δ were two-fold degenerate in energy ($E_\gamma = E_\delta$), and then had to be discarded, thus remaining with the non-degenerate wave functions α and β ($E_\alpha \neq E_\beta$). As for the hydrogen molecule problem, also here E_α was identified with the lowest energy eigenvalue, so that the state α would represent (at zeroth order) the formation of a stable molecule, while β the elastic repulsion between the two helium atoms. Nevertheless, Heitler and London realized that α did not satisfy the requirements of the Pauli principle, since two He atoms (and, in general, two noble gas atoms) cannot be distinguished with respect to their spin, contrary to what happens for hydrogen (and for all atoms with open shells). For He_2, the only allowed solution would correspond to β, but since this describes an unstable configuration, the molecule formation was predicted to be forbidden.

Of course, a linear combination of the solutions α, β, γ, δ could be alternatively introduced but, likewise, it could not lead to the formation of a stable molecule because, as recognized by Heitler and London, that would correspond to four electrons in a K-shell, i.e. a configuration again forbidden by the Pauli principle. A solution could, then, be found only with excited helium atoms, and the conclusion was that, on the basis of the new quantum mechanics, no stable He_2 molecule could form. In Pauling's words:

> It is of particular significance that the straightforward application of the quantum mechanics results in the unambiguous conclusion that two hydrogen atoms will form a molecule but that two helium atoms will not; for this distinction is characteristically chemical, and its clarification marks the genesis of the science of sub-atomic theoretical chemistry (Pauling 1928, p. 174).

London and Heitler further investigated the issue of the formation of the homopolar chemical bond in a subsequent series of papers (London 1928a,b; Heitler 1930), and – especially London – pointed out the crucial role played by group theory. Valence numbers of homopolar molecules were interpreted in the framework of quantum mechanics as group theory properties of the given problem, and coming out directly from the symmetry properties of the eigenfunctions of the component atoms.

> The valence number is therefore given by the number of ones in the decomposition of the electronic number of an atom, which represents the symmetry character of the atomic state considered (Hettema 2000, p. 164).[2]

Valence was, thus, determined from the symmetries of the unperturbed atoms in the molecule, i.e., showed up already in zeroth order eigenfunctions (and first order energies), the different modes of the homopolar binding being related to the "lifting of the exchange degeneracy". Higher order terms describe only effects concerning the molecule already formed, such as condensation, crystallization or van der Waals attraction.

The (qualitative) extension to molecules more complex than H_2 and He_2 was, indeed, considered, and the main findings were that: a) inert gases cannot exhibit valences; b) halogens may have the valences 1, 3, 5, 7 except that the valence of fluorine may only assume the value 1; c) in the oxygen group, S, Se and Te may have valences 0, 2, 4, 6 but O only values 0 and 2; d) in the nitrogen group, P, As, Sb, Bi may have 1, 3, 5 but N only 1 and 3; e) in the carbon group, C, Si, Ge may have 0, 2, 4.

Instead, a generalization to atoms of the first and second column of the periodic table was provided by Pauling (1928). He argued that the interaction between two alkali metal atoms is similar to that between two hydrogen atoms: while the closed shells of the ions experience van der Waals-like forces typical of noble gases, the two valence electrons are shared between the two ions as in the original Heitler-London theory, and a molecule sets up in close agreement with band spectra observations. Conversely, two atoms with two valence electrons, such as Hg, interact as two helium atoms, thus giving rise only to very small attractive forces.

The guidance of group theory was especially required in the quantum mechanical study of non simple molecules, since the mathematical complexities of the corresponding n body problem prevented the integration of the relevant Schrödinger equation with a suitable accuracy, as instead happened for H_2. After some "metabolization", the two competing methods of molecular orbitals and of Heitler-London were finally regarded as different approximations within which the unperturbed wave functions of the molecular system could be chosen.

4. Conclusions

At the end of his review paper, in 1929 van Vleck hopefully asked:

> Is it too optimistic to hazard the opinion that this is perhaps the beginning of a science of "mathematical chemistry" in which chemical heats of reaction are calculated by quantum mechanics just as are the spectroscopic frequencies of the physicist? Of course the mathematics will be laborious and involved, and the results always successive approximations. The theoretical computer of molecular energy levels must have a technique comparable with that of a mathematical astronomer (van Vleck 1929, p. 506).

[2] Original article published in *Zeitschrift für Physik* (London 1928a).

What discussed here has shown that the quantum explanation of the nature of the chemical bond in molecules was (unfortunately) not at all only a matter of laborious and involved mathematical calculations, but its story has been rather intricate, when compared to that of the analogous quantum-mechanical description of atoms.

Bibliography

Born M., Oppenheimer J.R. (1927). "Zur Quantentheorie der Molekeln". *Annalen der Physik*, 84, pp. 457-484.

Heisenberg W. (1926). "Mehrkörperproblem und Resonanz in der Quantenmechanik". *Zeitschrift für Physik*, 38, pp. 411-426.

Heitler W. (1928). "Störungsenergie und Austausch beim Mehrkörperproblem". *Zeitschrift für Physik*, 46, pp. 47-72.

Heitler W. (1930). "Der gegenwărtige Stand der quantenmechanischen Theorie der homoopolaren Bindung". *Physikalische Zeitschrift*, 5, pp. 185-204.

Heitler W., London F. (1927). "Wechselwirkung neutraler Atome und homöopolare Bindung nach der Quantenmechanik". *Zeitschrift für Physik*, 44, pp. 455-472.

Hettema H. (2000). *Quantum chemistry: classic scientific papers*. Singapore: World Scientific Publishing.

Hund F. (1926). "Zur Deutung einiger Erscheinungen in den Molekelspektren". *Zeitschrift für Physik*, 36, pp. 657-674.

Hund F. (1927). "Zur Deutung der Molekelspektren. I". *Zeitschrift für Physik*, 40, pp. 742-764.

Hund F. (1928). "Zur Deutung der Molekelspektren. IV". *Zeitschrift für Physik*, 51, pp. 759-795.

Hund F. (1930). "Zur Deutung der Molekelspektren. V". *Zeitschrift für Physik*, 63, pp. 719-751.

Lennard-Jones J.E. (1929). "The electronic structure of some diatomic molecules". *Transactions of the Faraday Society*, 25, pp. 668-686.

London F. (1928a). "Zur Quantentheorie der homöopolaren Valenzzahlen". *Zeitschrift für Physik*, 46, pp. 455-477.

London F. (1928b). "Zur Quantenmechanik der homöopolaren Valenzchemie". *Zeitschrift für Phzysik*, 50, pp. 24-51.

Mehra J., Rechenberg H. (1982). *The historical development of quantum theory*. Volume 1, part 2. New York: Springer.

Mulliken R.S. (1928). "The Assignment of Quantum Numbers for Electrons in Molecules. I". *Physical Review*, 32, pp. 186-222.

Mulliken R.S. (1929). "The Assignment of Quantum Numbers for Electrons in Molecules. III. Diatomic Hydrides". *Physical Review*, 33, pp. 730-747.

Mulliken R.S. (1932). "The Interpretation of Band Spectra Part III. Electron Quantum Numbers and States of Molecules and Their Atoms". *Reviews of Modern Physics*, 4, pp. 1-86.

Pauling L. (1928). “The Application of the Quantum Mechanics to the Structure of the Hydrogen Molecule and Hydrogen Molecule-Ion and to Related Problems”. *Chemical Reviews*, 5, pp. 173-213.

Sugiura Y. (1927). “Über die Eigenschaften des Wasserstoffmoleküls im Grundzustande”. *Zeitschrift für Physik*, 45, pp. 484-492.

van Vleck J.H. (1929). “The New Quantum Mechanics”. *Chemical Reviews*, 5, pp. 467-507.

van Vleck J.H., Sherman A. (1935). “The Quantum Theory of Valence”. *Reviews of Modern Physics*, 7, pp. 167-228.

Majorana, Pauling and the chemical bond

Salvatore Esposito - INFN-Sezione di Napoli - Salvatore.Esposito@na.infn.it
Adele Naddeo - Dipartimento di Fisica "E.R. Caianiello", Università di Salerno - adelenaddeo@yahoo.it

Abstract: Very little known results obtained by the Italian physicist Ettore Majorana in 1931 are here discussed, concerning the quantum theory of the chemical bond in homopolar molecules. The focus is on the formation of the helium molecular ion He_2^+ as well as on the accurate description of the hydrogen molecule H_2. Group theory-inspired methods adopted by Majorana are contrasted with that more known by Pauling and their effectiveness in the explanation of the stability of the helium molecular ion is underlined. Finally, a proposal of Majorana concerning the possible existence of ionic structures in homopolar compounds is discussed.

Keywords: Homopolar compounds, Helium molecular ion, Ionic structures.

1. Introduction

The complete understanding of the nature of the chemical bond is the result of a wide number of different contributions, each one clarifying a piece of the whole picture.

The idea of valence was very early introduced into chemistry (Frankland 1866) to explain some number relationships in the combining ratios of atoms and ions, but the first attempt to incorporate the atomic structure information in a consistent – though qualitative – theoretical framework was performed by G.N. Lewis only in 1916. In his own view, the chemical bond consisted of a pair of electrons held jointly between two atoms. However, Lewis theory didn't say anything on the nature of the forces involved in the formation of the homopolar bond, and only with the advent of quantum mechanics appropriate and powerful theoretical tools became available in order to tackle the problem (Mehra, Rechenberg 1982). In principle, it became possible to write down an equation for any system of nuclei and electrons, whose solution would provide thorough predictions on the stability of the system under study, but the n-body problem revealed to be not amenable to exact analytical solutions, thus triggering the development of several approximation methods. In this scenario the key idea of *exchange forces*, introduced in molecular physics by W. Heitler and F. London (and borrowed by W. Heisenberg's theory of the helium atom (Heisenberg 1926)), grew up, as opposed to the polarization forces able to describe ionic compounds, and became the basis of the quantum theory of the homopolar chemical bond. Heitler and London (1927) succeeded to account for the stability of the hydrogen molecule and predicted,

with remarkable accuracy, the dependence of the total electronic energy on the internuclear distance.

Indeed Heitler and London's approach resulted difficult to apply to molecules more complex than the simple H_2. So, by following the same path as in atomic physics since the times of the old quantum theory, several scientists – headed mainly by F. Hund, R.S. Mulliken, G. Herzberg and J.E. Lennard-Jones – introduced molecular spectroscopy (Herzberg 1951) as a guiding principle in developing a theory of the chemical bond. For spectroscopists, used to observe similar properties in many different molecules with the same number of electrons, it was quite natural to view a molecule as a collection of nuclei fixed in given spatial positions with an additional electron cloud surrounding them. *Molecular orbitals* occupied by each electron were introduced (Lennard-Jones 1929), whose extent stretched over the whole of the molecule, so that the chemical bond resulted from "sharing" electrons among the constituent atoms; as a consequence these lose their identity to a large extent, as opposed to the Heitler-London method.

A number of different refinements and generalizations of both approaches appeared in the subsequent literature, but quantitative calculations remained "much too complicated" to allow tests of the novel ideas in molecules other than those formed from hydrogen and helium atoms, such calculations being performed mainly within the Heitler-London approach. However, the value of the contributions developed for molecules composed of helium atoms is often underestimated. Indeed, the quantitative study of helium compounds led to relevant results that allowed to test significantly the theory of the chemical bond and to explore their potentialities. Already Heitler and London (1927) concluded that no stable He_2 could be formed, but the more intricate problem with the helium molecular ion was discussed and solved by E. Majorana and, independently, L. Pauling around 1931. The results obtained by Pauling, which we discuss in Section 2, are an extension of his previous ideas on one-electron and three-electron bonds applied to molecules different from the paradigmatic H_2 example. Vice versa, Majorana's description of the helium molecular ion, presented in Section 3, is a pure quantum mechanical theory strongly relying on the relevant symmetry properties of the system, thus complemented by group theoretical methods. A second relevant contribution on the chemical bond, also provided by Majorana in 1931, introduces the so-called "ionic structures" and is the topic of Section 4. Finally some concluding remarks will follow.

It is clear that Majorana's contributions do not exhaust the fascinating story of the theory of the chemical bond, but certainly contribute to it with important pieces that are not at all widely known, while their importance to present day research has been disclosed only in the last years (Corongiu 2007).

2. Pauling idea: one-electron and three-electron bond

The resonance phenomenon, namely the exchange interaction, brought into the theoretical picture of the chemical bond by Heitler and London (1927) applied to pairs of electrons (as in the H_2 molecule) due to their identity, but its application to molecular

compounds with one or three electrons appeared soon much more intriguing. So a question arose: how to realize a chemical (homopolar) bond in the presence of more electrons, according to the requirements imposed by Pauli exclusion principle?

Indeed, already in 1928 Pauling recognized how a one-electron bond could be physically realized in H_2^+, and he himself got back to the problem in 1931 (Pauling 1931) by explaining that a resonance phenomenon applies also to this molecular ion, since the unperturbed system is degenerate: the two nuclei have the same charge, and thus also the same energy. More in general, he proposed the existence of a one-electron bond according to the following rule:

> A stable one-electron bond can be formed only when there are two conceivable electronic states of the system with essentially the same energy, the states differing in that for one there is an unpaired electron attached to one atom, and for the other the same unpaired electron is attached to the second atom (Pauling 1931, p. 3225).

By looking at the values of the dissociation energy of several compounds, Pauling suggested also that, in addition to H_2^+, one-electron bonds were present in H_3^+, Li_2^+, boron hydrides, etc., thus opening the road to the understanding of the nature of the chemical bond in more complex systems.

The problem remained for molecular compounds with three electrons,[1] such as HeH, He_2^+, etc. By following Heitler and London, in 1930 Gentile evaluated the interaction energy between H and He, and between two helium atoms and showed that normal He and H have no tendency to form a stable molecule (Gentile 1930). Indeed, as recognized more in general one year later by Pauling (1931), resonance forces corresponding to the exchange of three electrons (with two electrons on a nucleus and one electron on the other) are mainly repulsive. This allowed him to formulate a rule for the occurrence of a three-electron bond:

> A three-electron bond, involving one eigenfunction for each of two atoms and three electrons, can be formed in case the two configurations A:·B and A·:B correspond to essentially the same energy (Pauling 1931, p. 3229).

Indeed, both for the one-electron and for the three-electron cases, Pauling envisaged an exchange mechanism that was a direct generalization of Heitler and London's one for molecules with identical atoms, where the resonance phenomenon involved degenerate (or nearly degenerate) electronic states. For the three-electron bond this applied – Pauling suggested – to the cases of He_2^+, NO, NO_2, O_2, etc.

The problem of the formation of He_2^+ was considered only qualitatively by Pauling in the same 1931 paper, by assuming – following Weizel (1929) – that its formation was due to the bonding of a neutral helium atom with a ionized one, $He + He^+ \rightarrow He_2^+$, in full analogy with the case of the hydrogen molecular ion H_2^+ (but with three electrons instead of only one), rather than with that of the compound HeH, which

[1] As pointed out by Pauling (1931) following Heitler and London reasoning, with four electrons there is no tendency to form a strong molecular bond, since two of them are necessarily nuclear symmetric, while the remaining two are nuclear antisymmetric.

exhibits a three-electron bond. A similar process was envisaged also for the (excited) neutral helium molecule: there, an unpaired 1s electron comes into play as a result of the excitation of one atom, whose interaction with the pair of 1s electrons of the other atom eventually leading to a three-electron bond. The contribution to the chemical bond from the remaining outer electron could be neglected, so giving rise to a hydrogen-like spectrum (Pauling 1931).

More clearly, since the neutral helium molecule He_2 can be formed only from a normal (ground state) helium atom and an excited one, such a compound may undergo a dissociation into a neutral atom and a ionized one for sufficiently high energies of the excited electron, thus suggesting that the formation of the helium molecular ion occurs through the reaction above.

Pauling did not pursue further the quantitative consequences of such an assumption in his 1931 paper: we find them only about two years later (Pauling 1933). Indeed this work was carried out by Majorana in the same year 1931, about nine months before Pauling's first paper, by means of a deeper mathematical formalism (Majorana 1931a).

3. First Majorana contribution: the helium molecular ion

The issue of the formation of He_2^+ was addressed by Majorana starting from a discussion of experimental results on the band structure in the helium emission spectrum. The key idea was to consider the system He_2^+ similar to H_2^+ and then to study the chemical reaction $He + He^+ \leftrightarrow He_2^+$:

> We want to study the reaction $He + He^+$ from the energy point of view and prove that such a reaction may lead to the formation of the molecular ion. […] The method we will follow is the one that has been originally applied by Heitler and London (1927) to the study of the hydrogen molecule. We shall assume that the electronic eigenfunctions of the molecule are linear combinations of the eigenfunctions belonging to the separate atoms and we shall use them to evaluate the average value of the interaction between the two atoms. However since the two nuclei have the same charge whereas only one of the atoms is ionized, the problem as we will show is mechanically rather different from the one discussed by Heitler and London and in general from the problem that one encounters in the normal theory of the homopolar valence (Bassani *et al.* 2006, p. 49).[2]

Majorana built up a quantum mechanical theory for the system, whose eigenfunctions were constructed according to its symmetry properties, as already done in other papers (Drago, Esposito 2004).

Proceeding as Heitler and London, also Majorana started from the asymptotic solution of the problem for large R, the wave functions of the system being those for a neutral helium atom and its ion, and neglected the possibility that all electrons in He_2^+ be located on the same nucleus. Vice versa, when the nuclei approach each other, their

[2] Original article published in *Il Nuovo Cimento* (Majorana 1931a, p. 22).

reciprocal interaction has to be taken into account, and such an interaction mixes all the wave functions previously introduced. Majorana was able to select out the only two appropriate combinations satisfying general symmetry principles, by pointing out the relevance in the context of inversion symmetry: the total electronic wave function must show a definite symmetry with respect to the midpoint of the internuclear line. In particular he showed that, out of the two possible molecular states for the He_2^+ molecular ion, only one corresponds to the bonding molecular orbital of the ion: the ground state of the system is a resonance between the He:·He and He·:He configurations. His reasoning runs as follows. By denoting with Φ and φ the unperturbed eigenfunctions of the neutral or ionized atom *a*, and similarly Ψ and ψ those of atom *b*, there are six eigenfunctions of the separate atoms obtained by permutations of the electrons and exchange of the nuclei:

$$A_1 = \varphi_1 \Psi_{23}, \quad A_2 = \varphi_2 \Psi_{31}, \quad A_3 = \varphi_3 \Psi_{12},$$
$$B_1 = \psi_1 \Phi_{23}, \quad B_2 = \psi_2 \Phi_{31}, \quad B_3 = \psi_3 \Phi_{12}.$$

However, the interaction among the two atoms mixes these states "according to the symmetry characters of the electrons and according to their behavior under spatial inversion", so that we are left with only two singlet and two doublet states, whose eigenfunctions are as follows:

$$y_1 = A_1 + A_2 + A_3 + B_1 + B_2 + B_3,$$
$$y_2 = A_1 + A_2 + A_3 - B_1 - B_2 - B_3,$$
$$y_3 = A_1 - A_2 + B_1 - B_2,$$
$$y_4 = A_1 - A_2 - B_1 + B_2.$$

The corresponding perturbed energy eigenvalues are symbolically written down in terms of several integrals involving the above functions and, just "by taking into account the order of magnitude and the sign" of such integrals, coming from symmetry and physical considerations and without explicitly evaluate them, Majorana concluded that the solution y_3 "gives rise to repulsion whereas y_4 leads to the formation of a molecule".

In order to produce explicit numerical predictions for the potential energy curve, equilibrium distance, energy minimum and oscillation frequency of the helium molecular ion, Majorana made recourse to variational calculations, for which explicit expressions for the helium wave functions were required. He wrote the ground state of the helium atom simply as the product of two hydrogenoid wave functions, but introduced (Esposito, Naddeo 2012) an effective nuclear charge (as a variational parameter) describing the screening effect of the nuclear charge by means of the atomic electrons. Within this simple approximation, Majorana succeeded in obtaining a good agreement with experimental data on the equilibrium internuclear distance and a quite perfect agreement with the experimentally determined value of the vibrational frequency of He_2^+. Furthermore he estimated the dissociation energy of the molecular ion, obtaining a value E_{min} = -2.4 eV (including polarization forces effects) which Majorana could not compare with experiments, due to no available data, but which is now remarkably closer to the

experimental determination of E_{min} = -2.4457 ± 0.0002 eV (Coman *et al.* 1999) than the recent theoretical prediction of E_{min} = -2.47 eV (Ackermann, Hogreve 1991), obtained with much more refined mathematics than that used by Majorana.

Similar quantitative results will be obtained independently[3] by Pauling two years later (Pauling 1933), by adopting approximately the same variational procedure, with similar eigenfunctions. However, it should be stressed that Pauling did not employ a group-theory inspired method that allows to pick up the relevant terms in the wave functions, by exploiting the symmetry properties of the system, so that the underlying physical meaning was not as fully transparent as in Majorana.

4. Second Majorana contribution: ionic structures in homopolar molecules

The successful description of the chemical bond of homopolar molecules did not exhaust the whole story, since further experiments produced apparently conflicting results claiming for a thorough explanation. That happened just when certain excited states of the hydrogen molecule were considered.

Such states were a subject of research by a number of authors (Pauling, Wilson 1935) but a peculiar phenomenon observed in the spectrum of H_2 molecule remained still unexplained: the decay of the excited $(2p\sigma)^2\ {}^1\Sigma_g$ (gerade) into the (ungerade) $1s\sigma\ 2p\sigma\ {}^1\Sigma_u$ state in the infrared spectral region (Weizel 1930), contrarily to what happened in atomic systems, where the frequency corresponding to the transition $2p2p$ – $1s2p$ involving two excited optical electrons was very close to that of the transition $1s2p$ – $1s2s$ involving only one excited optical electron.

The theoretical justification of even the existence of the $(2p\sigma)^2\ {}^1\Sigma_g$ term, along with an explanation of its strange energy level, when compared to similar atomic systems, then required a reconsideration of the Heitler-London paradigm.

It was Majorana (1931b) who, very early in 1931, attacked the problem and, after a lucid analysis of the known results, promptly recognized the relevant difference between atomic and molecular systems:

> To consider such a state as a state with two excited electrons has purely formal meaning. In reality, to designate such terms with the states of the single electrons, though it may be convenient for their numbering and for the identification of those symmetry characters that are not affected by the interaction, does not allow by itself to draw reliable conclusions on the explicit form of the eigenfunctions. The situation is very different from the one of central fields [in atomic systems] where it is generally possible to neglect the interdependence of the electron motions (polarization) without losing sight of the essentials (Bassani *et al.* 2006, p. 84).[4]

Then, in order to explain the intriguing experimental results, Majorana generalized Heitler-London theory of the hydrogen molecule, where only configurations corresponding to one

[3] It seems that Pauling became aware of Majorana paper around 1935 (Pauling, Wilson 1935).
[4] Original article published in *Rendiconti dell'Accademia dei Lincei* (Majorana 1931b, p. 58).

electron in each atom of the molecule were considered, by including different configurations where both electrons or no electron belong to a given atom. While Heitler and London considered only the chemical reaction H + H ↔ H_2 for the formation of the hydrogen molecule, Majorana argued that also the reaction $H^+ + H^- \leftrightarrow H_2$, involving *ionic structures*, could play a role. He was well aware of the fact that the apparent charge transfer via ionic structures has no proper physical interpretation in homopolar molecules, so he designated such a reaction between the two hydrogen atoms as "pseudopolar" rather than ionic. He concluded that, while the normal $(1s\sigma)^2\ {}^1\Sigma_g$ state mainly refers to the Heitler-London H + H reaction,

> the term $(2p\sigma)^2\ {}^1\Sigma_g$ […] can be thought of as partially formed by the union H^+ + H. This does not mean, however, that it is a polar compound since, because of the equality of the constituents, the electric moment changes sign with a high frequency (exchange frequency) and therefore cannot be observed. It is in this sense that we speak of a pseudopolar compound (Bassani *et al.* 2006, p. 84).[5]

By limiting himself to gerade singlet states (which is the case of both the X terms and the ground state of the H_2 molecule), Majorana divided the configuration space into four regions – *aa*, *ab*, *ba*, *bb* – according to whether one or both electrons (labeled by 1, 2) are close to the nucleus *a* or *b*. When neglecting the interaction between the two electrons, the four possibilities above-mentioned are equally represented in the given state, but "the interaction increases the probability to find the system in *aa* and *bb*, whereas it decreases that of *ab* and *ba*" (Majorana 1931b).

Indeed the chemical reaction between neutral atoms, H + H ↔ H_2, considered by Heitler and London, corresponds to configurations *ab* and *ba*, described by an unperturbed wave function of the type

$$y_2 = \varphi_1\psi_2 + \varphi_2\psi_1,$$

while configurations *aa* and *bb* originate from the reaction $H^+ + H^- \leftrightarrow H_2$ involving hydrogen ions, and are described by a wave function (symmetrized with respect to the exchange of the two nuclei) of the form

$$y_1 = \Phi_{12} + \Psi_{12}.$$

Majorana realized that the two states y_1 and y_2 are not orthogonal, but the ground state and the X term of the H_2 molecule should result, in a first approximation, from two orthogonal combinations of them. The characteristic equation for the calculation of energy eigenvalues then followed, once an approximate expression for the wave function describing the H^- ion, Φ_{12}, was introduced semi-empirically to evaluate the corresponding energy integrals.

Majorana's numerical results for the equilibrium internuclear distance of the molecule in the X state and for the corresponding vibrational frequency were close to the experimental observations. Nevertheless, he concluded his paper by saying that:

[5] Original article published in *Rendiconti dell'Accademia dei Lincei* (Majorana 1931b, p. 59).

> This result is even too favorable, as, with the method we followed, we could have expected a value considerably smaller than the true one. […] A quantitative evaluation is difficult but it is plausible that such an approximation tends to produce errors compatible with the discrepancies ascertained between calculation and experiment (Bassani *et al*. 2006, p. 86).[6]

5. Conclusions

A complete understanding of the nature of the chemical (homopolar) bond was the result of a number of different contributions, each one enlightening a particular issue. Several methods of approximation able to find reliable solutions to the Schrödinger equation of the relevant molecular problem were developed, but novel ideas had to be introduced in order to gain more physical insight into the problem. The Heitler-London approach (1927), complemented by the concept of molecular orbitals introduced by Lennard-Jones, was just a seminal starting point towards such a step, allowing the thorough description of the most simple molecules, H_2^+ and H_2, in terms of exchange interactions, together with the prediction of the non-existence of a stable helium molecule. The qualitative description of more complex molecules required the introduction of the concepts of one-electron and three-electron bonds by Pauling, as presented in Section 2. On the other hand, a generalization of the resonance phenomenon was employed in order to handle molecules with a number of valence electrons different from two. The helium molecular ion He_2^+ was a subject of intensive studies. Its full quantitative description was given in 1931 by Majorana (and, two years later, independently by Pauling), who built up a reliable quantum theory relying entirely on symmetry properties of the system under study, as explained in Section 3. A second Majorana contribution, accounted for in Section 4, deals with the introduction of ionic structures into homopolar molecular compound in order to explain some puzzling experimental results regarding excited states of the hydrogen molecule. Indeed, only in recent times ionic structures have been recognized to give rise to binding energy predictions for homopolar molecules close to the experimental values (Clementi, Corongiu 2007), while referring to *Majorana structures* as to ions that are not in the lowest ionic configuration (Corongiu 2007).

Bibliography

Ackermann J., Hogreve H. (1991). "Adiabatic calculations and properties of the He_2^+ molecular ion". *Chemical Physics*, 157, pp. 75-87.

Bassani G.F. and The Council of the Italian Physical Society (ed.) (2006). *Ettore Majorana Scientific Papers*. Bologna: Società Italiana di Fisica, Berlin: Springer.

[6] Original article published in *Rendiconti dell'Accademia dei Lincei* (Majorana 1931b, p. 61).

Clementi E., Corongiu G. (2007). "Merging two traditional methods: the Hartree-Fock and the Heitler-London and adding density functional correlation corrections". *Theoretical Chemistry Account*, 118, pp. 453-471.

Coman L., Guna M., Simons L., Hardy K.A. (1999). "First Measurement of the Rotational Constants for the Homonuclear Molecular Ion He_2^+". *Physical Review Letters*, 83, pp. 2715-2718.

Corongiu G. (2007). "The Hartree-Fock-Heitler-London Method, III: Correlated Diatomic Hydrides". *Journal of Physical Chemistry*, A111, pp. 5333-5342.

Drago A. Esposito S. (2004). "Following Weyl on Quantum Mechanics: The Contribution of Ettore Majorana". *Foundations of Physics*, 34, pp. 871-887.

Esposito S., Naddeo A. (2012). "Majorana Solutions to the Two-Electron Problem". *Foundations of Physics*, 42, pp. 1586-1608.

Frankland E. (1866). "Contributions to the notation of organic and inorganic compounds". *Journal of the Chemical Society*, 19, pp. 372-395.

Gentile G. (1930). "Wechselwirkung zwischen einem H- und einem He-Atom und zwischen zwei He-Atomen". *Zeitschrift für Physik*, 63, pp. 795-802.

Heisenberg W. (1926). "Mehrkörperproblem und Resonanz in der Quantenmechanik". *Zeitschrift für Physik*, 38, pp. 411-426.

Heitler W., London F. (1927). "Wechselwirkung neutraler Atome und homöopolare Bindung nach der Quantenmechanik". *Zeitschrift für Physik*, 44, pp. 455-472.

Herzberg G. (1951). *Spectra of diatomic molecules*. Princeton: van Nostrand.

Lennard-Jones J.E. (1929). "The electronic structure of some diatomic molecules". *Transactions of the Faraday Society*, 25, pp. 668-686.

Lewis G.N. (1916). "The atom and the molecule". *Journal of the American Chemical Society*, 38, pp. 762-786.

Majorana E. (1931a). "Sulla formazione dello ione molecolare di elio". *Il Nuovo Cimento*, 8, pp. 22-28.

Majorana E. (1931b). "Reazione pseudopolare tra atomi di idrogeno". *Rendiconti dell'Accademia dei Lincei*, 13, pp. 58-61.

Mehra J., Rechenberg H. (1982). *The historical development of quantum theory*. Volume 1, part 2. New York: Springer.

Pauling L. (1928). "The Application of the Quantum Mechanics to the Structure of the Hydrogen Molecule and Hydrogen Molecule-Ion and to Related Problems". *Chemical Reviews*, 5, pp. 173-213.

Pauling L. (1931). "The nature of the chemical bond. II. The one-electron bond and the three-electron bond". *Journal of the American Chemical Society*, 53, pp. 3225-3237.

Pauling L. (1933). "The Normal State of the Helium Molecule-Ions He_2^+ and He_2^{++}". *Journal of Chemical Physics*, 1, pp. 56-59.

Pauling L., Wilson E.B. (1935). *Introduction to Quantum Mechanics*. New York: McGraw-Hill.

Weizel W. (1929). "Aufbau der Molekülzustände aus Atomzuständen und Dissoziation in diese". *Zeitschrift für Physik*, 59, pp. 320-332.

Weizel W. (1930). "Molekülzustände des Wasserstoffs mit zwei angeregten Elektronen". *Zeitschrift für Physik*, 65, pp. 456-463.

Two new methods for analysing the disappearance of Ettore Majorana

Stefano Roncoroni - regista - sro@ruracolimus.com

Abstract: The disappearance of Ettore Majorana (EM) in March 1938 has been the subject of many biographical reconstructions, some of them plausible, others improbable but none has been totally convincing in solving the mystery surrounding the physicist's disappearance. Here we will explore in depth the world of EM with the help of recent medical and historical material for our investigation. In our research we will examine the original and unpublished documented *oral history* of the Majorana family who mistakenly was never considered capable of either creating the secrets surrounding EM or hiding them. From a medical point of view we have used one of the recent theories on autism to study the personality of the physicist. As in other mathematical geniuses, chess players, physicists and musicians of the short century we will show that it is quite conceivable that EM had Asperger's syndrome.

Keywords: Ettore Majorana, Majorana Family, Oral history, Collective memory, Autism, Asperger's syndrome.

1. The recourse to *oral history*

Oral history has existed ever since man wanted to pass on his stories to another, from one generation to the next but we must exert care when using it. The use of oral history came back into vogue in America in the 1930s and in Europe towards the end of the 1960s. Whilst working as a director for TV documentaries with a group of highly professional journalists, directors and historians I employed this oral history method. The work primarily consisted of two documentaries coinciding with the 30th anniversary of the end of the World War II in Italy in 1943-1945 (Bermani 1999).

Due to the difficult and sensitive nature of the subject we were working on, and to the fact that we were using the oral history of ordinary people, we had to use great care in finding reliable sources. There was the possibility that our work could be manipulated and the difficulty in creating a finished result that had continuity and homogeneity without the addition of comments or a speaker. The experience in fact, proved to be intense but short lived. This kind of documentary which featured eye witness accounts of ordinary people was not received particularly favourably by our peers and so the production was limited to just a few documentaries and then our group of journalists and directors was subsequently dissolved.

No longer with work but with this experience fresh in mind, it was a perfect opportunity to turn my attention to the oral history of the family members of my late uncle Ettore Majorana (EM) and of the mystery surrounding his disappearance shortly before the outbreak of World War II. I was already aware that the accounts of the story surrounding EM that had appeared in the mainstream press at the time were very different from the oral history that the family was able to recall. As in all oral history the accounts given by the family members had to be double checked just as any source of information needs to be examined carefully by the historian. In the case of EM there was a tangled web of information and false leads that I hoped, through the use of oral history of the family members, the truth could be brought to light and a reconstruction of the events concerning EM's disappearance made possible.

1.1. Sometimes oral history is supported by written documents

In the Majorana family everyone knew that Oliviero Savini Nicci (OSN), husband of Elvira, the sixth daughter of Senator Salvatore Majorana Calatabiano, had played a relevant role in the events which followed the disappearance of EM. I would like to remark that OSN came into this story in an article of mine only in December 2011, more than seventy two years after the disappearance of EM (Roncoroni 2011).

In that article I began to investigate the mystery surrounding EM and shed more light on the Majorana family. Through the oral history of the Majorana family I will attempt to separate the false leads from true leads, the wheat from the chaff. To use as much and as well as possible, the razor of Occam. One thing we can be sure of is that this has all the characteristics of a typically Italian mystery.

It came to light that in the first months of 1940 OSN had asked those members of the family close to him for news about his cousin Ettore. "The events concerning Ettore concluded in a totally unexpected way." He had said. These short but revealing few words urged for further investigation. Why was it that the version of events recalled by the family were so different from those printed in the press and in the media at the time? One of the members of the family who had heard OSN pronounce these words told me that he had sounded irritated like someone who had to repeat the same words on other occasions but it wasn't possible to say more than he had without possibly offending the discretion of the family.

That short phrase "The events concerning Ettore concluded in a totally unexpected way" suggests that the family could never have imagined the life of a person of such genius with such a love for life, who had enjoyed and should have continued to enjoy the love and affection of his family would have ended in the way it did. Reflecting more on this I started to believe that this was a contradiction in the official version and, what is more, these few words were backed up by documentary proof in public and private institutions and religious and non-religious bodies alike. Despite the fact that this documented material was known of and readily available it had been systematically misrepresented or often just simply ignored.

I refer to:

1. The end of the Police search (search bulletin and border control) in mid-1939;
2. The dismissal of EM from his teaching post by the National Education Ministry at the end of 1939;
3. The letter of 22nd September 1939 announcing the creation of a research grant dedicated to the memory of the late EM, deceased, sent by the father of the Jesuit council of the Lombardo-Veneto region to Ettore's brother Salvatore;
4. The condolence letter sent by the Vatican to the Majorana family in March 1940 in which the family is asked to accept the tragic end that EM had met and to give up searching for him;
5. In a profile of EM written by his friend and colleague Giovanni Gentile Jr. for the Treccani encyclopaedia in which he liberally uses the remote past "was" in his description and in a previously unpublished posthumous article by permission of the entire Majorana family between 1941 and 1942 (Roncoroni 2012);
6. And finally in the Necrology article "Ettore Majorana, The man who decided to go missing" forming the central thesis of my book. The article by Giuseppe Majorana, who was then the head of the family, was the first and only article written by a family member at the time. In the article which was deliberately ignored, he testifies that the other members in the family knew that the story of EM had been concluded in 1939 but that no one had wanted to confirm this explicitly (Roncoroni 2013).

1.2 Sometimes an oral story can lead to a complete revisal of the official version of events

From the version of events in the memoirs of Amaldi it is a well-known fact that the group of researchers working in Via Panisperna were actively urging EM to participate in the competition for the teaching post in theoretical physics (Amaldi 1966). To make matters even more complicated in assessing the validity of this version, there are also the offers of congratulations and thanks from EM's brothers sent to Amaldi. However what was said by the extended family of EM demonstrated that his friends and colleagues had never proposed EM to enter the competition for the teaching role but in fact it had been his uncle, the physicist Quirino Majorana, "alone" who had insisted on EM's involvement in the teaching competition which ultimately led to EM obtaining the post. It is known there were bitter recriminations in the family against Quirino for his involvement after the disappearance of EM. The information relating to this version of events was collected over a period of years from a variety of sources that include Ettore Majorana's brother Salvatore, the family of Quirino and Mario Savini Nicci on behalf of his father OSN and has been confirmed in documented correspondence included in the book and also in the oral memory and the diaries of OSN (Roncoroni

2013). The last and most relevant entries in his diary refer to meetings held between OSN and Antonio Carrelli in July 1938 to discuss the competition for the teaching post. This part of the story was to form the second and conclusive part of the previously mentioned article about the role Savini Nicci had in the EM story but was never published. The article would have helped in understanding the necessity to take into account the internal logic of EM's family and so understand better the biography of EM and at the same time to reinterpret the internal dynamic of the group of researchers in Via Panisperna and critically reconsider the accounts given regarding EM by his principal exponents.

1.3 Sometimes oral history that was not considered important at the time, when re-examined can reveal new interpretations and be validated through documents

Taking a wider view, I would like to consider another extraordinary piece of oral history. That of the reappearance of EM between the period of 28 March 1938 and September 1939. This is disruptive because with a razor it eliminates all possibility of the disappearance abroad, an interpretation of events that has lasted for more than seventy years and in its place permits a reconstruction of Ettore's disappearance and his rediscovery on Italian soil.

This takes us to the Cilento area not far from Naples where in the two villages of Perdifumo and Celle di Bulgheria various witnesses claim to have seen EM. The curiously symbolically named village of Perdifumo (literally translated "losing smoke") is the place from where one of the most important families of the village, the Farzati, got in touch with the Majorana family to inform them that they had seen a man who they believed to be Ettore Majorana. EM's brothers together with a Sicilian farmer Don Ignazio go to the Farzati home and remain there for thirty days. Every day they leave the house early to go on the search for EM and discretely return late in the evening. But the quiet of the small sleepy village is suddenly disrupted when the brothers' suspicious comings and goings trigger a full scale search by the police accompanied by tracker dogs.

The pieces of information given by the Farzati family and those of Ettore's brothers that I collected are reliable but less revealing and convincing than those of the local people and shepherds and farmers but none of which could be backed up by any documented material. That is until just a few months ago when I found a phonogram from the Chief of Police at the police headquarters of Salerno. It registered the words "Two tracker dogs sent to investigate the disappearance of Professor Ettore Majorana".

Unfortunately there is no geographical reference to Perdifumo or Celle but the phonogram undeniably represents a solid piece of evidence from which a hypothetical reconstruction can be constructed using the historical memory of the Farzati family, of the Majorana family and of the local Cilento population. So this was how events had gone; after receiving news of the sighting of EM by the Farzati family the brothers had gone to look for their brother. It begs the question for what other reason would they have remained an entire month in such a small forgotten place? Ettore would have been foraging for food and protecting himself until the time came that it was necessary to go

on the run. Then at this point the police dogs are brought in for the search. Initially they go to the area around Perdifumo and then travel further south to another village in the Cilento, Celle di Bulgheria. The Police chief Arturo Bocchini was involved in the search. He hoped to gain credit for what he imagined would be a successful outcome of the operation. But it wasn't.

At the end of October 1938 there was a sighting of EM further south near Catanzaro. This is again from the entry in the diary of Oliviero Savini Nicci and might well be another part of the escape and is most certainly another part of this research.

2. The autism hypothesis: Asperger's syndrome

The family oral history does not report about any reliable medical diagnosis (if any) on EM's health before his disappearance.

The most significant comment comes in a letter from his brother Salvatore to another cousin dated 5th June 1938 but only published in 2013 in which he is more explicit, although he does not come to any clear conclusion about the behaviour of EM.

> In any case illness is to be excluded because if there have been any preceding signs of Nevrastenia, melancholy however is not present. The Nevrastenia cannot cause suicide without delirious ideas which have no precedent in Ettore. It is also true that his habitual surroundings and especially his family are a counter indicator for Nevrastenism almost to the point of being toxic for such a pathology. For that reason we can only hope for the best (Roncoroni 2013, p. 248).

Nevrastenia is a term no longer used in current medical terminology but in the past was used to indicate a weakness of the nervous system characterized by an inexplicable loss of strength accompanied by nervousness, anxiety, depression, headache, gastrointestinal disturbance, insomnia and sexual disturbances; all symptoms which are not explained by constitutional causes. Some of these symptoms did actually afflict Ettore.

Before I found the letter I read a number of biographies on musicians, chess players, mathematicians, physicists and other famous precocious geniuses such as Gould, Fisher, Nash, Dirac. I also studied works on autism by Fitzgerald (2004), Baron-Cohen (1997), Attwood (2006) and the Italian Asperger group and so arrived to hypothesize that also EM could have suffered from a mild and particular form of autism. In order to answer to the questions "who are the patients suffering from Asperger syndrome?" and "how do they behave?" I considered the case of EM and I compared it to those who have been diagnosed with Asperger syndrome (AS) when they were still alive. As a result my hypothesis became more reliable so that EM's behaviour appeared more understandable than previously described.

In fact although some of the problems attributed to Ettore were considered in the context of Nevrastenia at least two of his most significant personal characteristics cannot be explained by the diagnosis of his brother Salvatore. I refer to his precocious mathematical capacity and his difficulty in relating to the world outside him and especially with women. These two characteristics alone would confirm that Ettore

suffered from AS. We can sense his difficulty in relating to the world around him just by looking at the few photos that exist of him including his photo identity card where you can see that he is looking away from the lens. The difficulty to relate to the outside world is also in his difficulty to express his real emotional state, in the absence of sentimental relationships throughout his life and for his obsessive interest in physics and numbers. There is also a rigidity in interpersonal relationships which is strictly connected with his incapacity to understand limits in social hierarchy whether academic or in the family.

2.1. Characteristics of Asperger patients

Often those suffering from Asperger syndrome have innate talents which distinguish them from others. An intelligence well above the average and a creativity and originality of thought within a chosen field and an ability to "think outside the box". Honest and naive at the same time, they have a strong work ethics, are perfectionist, precise and are good at identifying errors. They enjoy to live in silence and solitude and consequently have great difficulty in socializing. A person with Asperger syndrome can also be reliable, persistent and with an attention for detail, and at the same time they can be objective and speak frankly. They can also have a strong sense of social justice and a marked originality in "problem solving". Any commitment they undertake is carried through to its conclusion. It is not difficult to recognize in EM these qualities of a person with Asperger syndrome but it is also possible to recognize Ettore in the problems that a person suffering from Asperger syndrome has to face. The difficulty they have to work in a team, to confront change such as a promotion with managerial responsibilities.

The Asperger syndrome hypothesis requires that every part of the various documented moments of EM's life be examined carefully so that a simpler and logical explanation of his clinical pathology can be demonstrated.

With this in mind it is useful to take a look at the biographies of just three geniuses out of the many that exist to see in what way they were similar to EM. For example the American chess player Paul Morphy (1837-1884) who retired at just 22 years old at the peak of his career and fell into a state of paranoia which afflicted him for the rest of his life (Maurensig 2013). Or that of the more recent English mathematician Simon Norton (1952-) who at a young age and having made his most important discoveries left public life to live a tramp-like existence but free and independent in the cellar at the family home (Masters 2011). Or also of the American mathematician William James Sidis (1898-1944), considered to this day to be the most intelligent man to have ever existed. He graduated with honours at 16 and taught three science subjects but then retired into anonymity and was arrested and put into a psychiatric institute at his father's request (Brask 2011).

These examples show that the fractured lives of the young, suffering geniuses not only become stranger to themselves but also distance them from their own families. The family, in fact, is a major factor in the pathology and our understanding of it. It can be unable or unwilling to understand or relate to the fraught personality of the genius and resort to what we can consider is a cold Anglo Saxon detachment.

Such a cold detached "Anglo Saxon" behaviour in an Italian family is difficult to imagine even more so if the family in question is a Southern Italy family from Sicily with the peculiarities of the Majorana family. So sad an ending to life as experienced by those geniuses described above, for Ettore Majorana would have been considered unimaginable.

2.2. One example of Asperger behaviour in EM

There is a particular and well known episode in EM's life that, if considered in the light of the hypothesis that EM suffered from AS, appears much more logical. EM on the day he was to leave Naples and the last day that we have any news of his movements gave one of his female students a folder containing documents. The contents of these documents is unknown and this fact can be blamed on a lack of professionalism and ethics on the part of the person or persons who came into possession of them. The resulting mystery surrounding these documents has resulted in a fog of fantasy, and suspicion. With two cuts of the razor we can eliminate the fantasy and the suspicion.

It is possible to imagine that having decided irrevocably to leave his teaching post, EM, with a strong ethical sense as in all Asperger people, would have handed over his final lessons to his six students and in that way concluded his commitment to himself, with society and with the six students. What was handed over to the student, I believe, was purely and solely material relating to the course and nothing else. This episode, so full of personal significance, becomes easier to explain when seen in a psychological context but incredibly our new hypothesis has only managed to reignite the discussion with more wild speculation and fantasy.

To solve a mystery it is important not to have an abundance of superfluous arguments. In the case of EM the difficulty lies in trying to understand the mind of EM which is both illogical and deceptive and has up to now only helped to generate a series of false interpretations with symbolic significance whether it be of a sociological, political or scientific nature.

In conclusion there are just two threads to follow to solve this case. The irrevocable decision of Ettore Majorana, the man who decided to go missing, to distance himself from the family and the world and the role played by the Majorana family with the support and covering by public and private institutions both religious and non-religious, with no other scenario but Italy.

Bibliography

Amaldi E. (1966) (a cura di). *La vita e l'opera di Ettore Majorana*. Roma: Accademia Nazionale dei Lincei.

Attwood T. (2006). *Guida alla sindrome di Asperger. Diagnosi e caratteristiche evolutive.* Trento: Erickson.

Baron-Cohen S. (1997). *L'autismo e la lettura della mente*. Roma: Astrolabio.

Bermani C. (1999) (a cura di). *Introduzione alla storia orale*. Roma: Odradek.

Brask M. (2011). *William Sidis' perfekte liv*. Copenaghen: Politikens Forlag.

Fitzgerald M. (2004). *Autism and Creativity. Is there a link between autism in men and exceptional ability?* New York, Brunner Routledge.

Masters A. (2011). *The Genius in my Basement. The Biography of a Happy Man*. London: Fourth Estate.

Maurensig P. (2013). *L'arcangelo degli scacchi. Vita segreta di Paul Morphy*. Milano: Mondadori.

Roncoroni S. (2011). "Il promemoria 'Tunisi'. Un nuovo tassello del caso Majorana". *Il Nuovo Saggiatore*, 27 (5-6), pp. 58-68.

Roncoroni S. (2012). "Genesi dell'articolo postumo di Ettore Majorana 'Il valore delle leggi statistiche nella fisica e nelle scienze sociali'". *Nuova Storia Contemporanea*, 16 (2), pp. 105-144.

Roncoroni S. (2013). *Ettore Majorana, lo scomparso e la decisione irrevocabile*. Roma: Editori Riuniti.

Quando si può parlare di scoperta scientifica o tecnica? Il "caso" di Chester Carlson, Pál Selényi e Augusto Righi

Giorgio Dragoni - Università di Bologna - dragoni@bo.infn.it
Ivana Stojanovic - Università di Bologna - stojanovic_ivana@hotmail.com
Paolo Cinti - Università di Bologna - paolo.cinti@unibo.it

Abstract: The complex theme of the determination of the exact date or the original author of a discovery will be discussed as a preliminary part of this contribution. The main part will be devoted to the unusual case of the first production of the photostatic system for the recording of images. It is common to attribute to Chester Carlson the realization of this system (1938) and the first image produced: "10.-22.-38 ASTORIA". Just few historians (most of them Hungarians) talk about Pál Selényi as a forerunner of Carlson in this photostatic technique. It could be interesting, since almost completely unknown, to learn that it was Augusto Righi that, as early as in 1881-1882, had developed an effective even though elementary, electrostatic system and obtained similar results. Several images will be shown produced by Righi with his "electric shadows" system.

Keywords: Augusto Righi, Chester Carlson, Pál Selényi, Photostatic system for the recording of images, Discovery.

1. Quando si può parlare di scoperta scientifica o tecnica? Il Metodo storico e la creatività scientifica

1.1. I processi mentali "produttivi": scuole di pensiero e interpretazioni psicologiche verso una scoperta scientifica o tecnica

Le problematiche sicuramente complesse delle manifestazioni di un processo mentale "produttivo" – in cui si raggiunge un qualche risultato nuovo od originale, o un perfezionamento di quanto già acquisito – sono state da tempo indagate con una vasta pluralità di interpretazioni e impostazioni teoriche. Una trattazione specifica dei numerosi punti di vista richiederebbe uno spazio a disposizione troppo ampio. Per brevità, ricordiamo che una vasta rassegna di questo quadro interpretativo è riportata in un nostro lavoro (G.D.) di qualche anno fa dal titolo *Creatività tra scienza e tecnica* (Dragoni 1997).

In esso si riferisce delle prime impostazioni ottocentesche, di quelle freudiane dei primi due decenni del Novecento, di quelle formulate negli anni Trenta dai teorici della *Gestalt Theorie*, e delle critiche a questa interpretazione formulate nell'opera di Claparède, sino ai lavori di Mac Kinnon, Torrance, Gough e Woodworth.

1.2. Un problema storiografico

Per affrontare lo studio di un *case study*, bisognerà saper procedere con metodo, con sistematicità, e in profondità. Prima si recupereranno informazioni specifiche e sempre più dettagliate del lavoro concreto dei tecnici e scienziati. Poi si potrà costruire una più approfondita rete di relazioni tra i vari personaggi indagati. Si potranno trovare ulteriori elementi di trasmissione del pensiero tra uno scienziato e un altro. Poi, se i dati che man mano verranno alla luce lo consentiranno, si capirà meglio quello che fu la collaborazione tra alcuni di essi. Poi, ancora, si potrà conoscere meglio il ruolo di ogni singolo personaggio. Infine, in certi casi, si potrà arrivare a vedere o a intravedere la scintilla che ha illuminato il terreno verso una grande scoperta. Quale miglior risultato, per i nostri sforzi?

1.3. L'attribuzione di una scoperta tra anticipazione, priorità, ricerca e mito

La documentazione storiografica dell'attribuzione di una scoperta tra anticipazione, priorità, ricerca e mito è estremamente vasto (si veda per es. Bergia *et al.* 1999), e complesso, così come è stato lucidamente presentato da Helge Kragh in una sua pubblicazione, *Introduzione alla storiografia della scienza* (Kragh 1990). In questo volume si analizzano in particolare le "trappole" psicologiche in cui spesso cade, coscientemente o no, lo studioso, lo storico che analizza gli avvenimenti che conducano ad una scoperta scientifica. I capitoli del libro sull'*Obiettività nella storia*, *La storia ipotetica*, *Ideologia e miti*, ed altri del libro citato di Kragh sono illuminanti a questo proposito.

2. Il "caso" dell'invenzione delle copie fotostatiche

2.1. Come descrivere e dare testimonianza di una scoperta scientifica? Le due scelte principali

Vista la complessità del problema storiografico (come descrivere una scoperta scientifica) esistono, naturalmente, due scelte principali nel presentare gli avvenimenti che portano ad una scoperta scientifica, lo storico si trova quasi sempre di fronte, infatti, ad un bivio. I) *Accettare* per convinzione, ma anche, a volte, per comodità, per brevità, per un diffuso consenso la storia dei "vincitori" e rappresentare un avvenimento secondo la consolidata versione tradizionale, cioè quella che si è imposta storiograficamente, quella che più spesso è stata e viene ripetuta, quella che, inevitabilmente, con il tempo si trasformerà nella "verità", oppure II) *Accertare* meticolosamente i dati e le informazioni disponibili – incluse, ovviamente quelle tradizionali, che spesso hanno un profondo contenuto di verità, che non va trascurato per mode anticonformiste di maniera – per vedere se, quanto tradizionalmente riportato, è esaustivo e veramente accettabile.

Nel *confronto/scontro* tra queste due impostazioni storiografiche si gioca la credibilità del nostro lavoro di storici della fisica e, in generale, di storici della scienza.

Figg. 1-2-3. I protagonisti della vicenda:
Augusto Righi, Pál Selényi, Chester Carlson (da sinistra a destra)

Ad esemplificazione delle difficoltà insite in queste disamine parleremo di un oramai lontano, e pochissimo conosciuto, "caso storico", quello che ebbe come protagonisti inconsapevoli Augusto Righi, Pál Selényi e Chester Carlson, il caso cioè della realizzazione delle prime copie fotostatiche.

2.2. I protagonisti del "case study"*: Chester Carlson, Pál Selényi e Augusto Righi*

Forniamo ora brevemente alcune informazioni biografiche sui protagonisti della vicenda di nostro interesse.

In primo luogo parliamo dello scienziato e inventore americano. Chester Floyd Carlson (Seattle, 8 febbraio 1906-New York, 19 settembre 1968) è stato un fisico, avvocato dell'Ufficio Brevetti di New York, ed inventore statunitense. A lui è dovuta tradizionalmente l'invenzione della tecnica elettrofotografica, meglio conosciuta come *xerografia*, su cui si basano gran parte delle moderne fotocopiatrici del Novecento. Con notevole caparbietà Carlson riuscì a superare le difficoltà tecniche – e l'indifferenza delle aziende che avrebbero potuto e dovuto commercializzare la sua invenzione – riuscendo infine a portare sul mercato il suo sistema, rivoluzionando, così, la possibilità di duplicare scritti e documenti e, tra l'altro, il concetto stesso di diritto d'autore. Un successo commerciale enorme arrise alla sua idea.

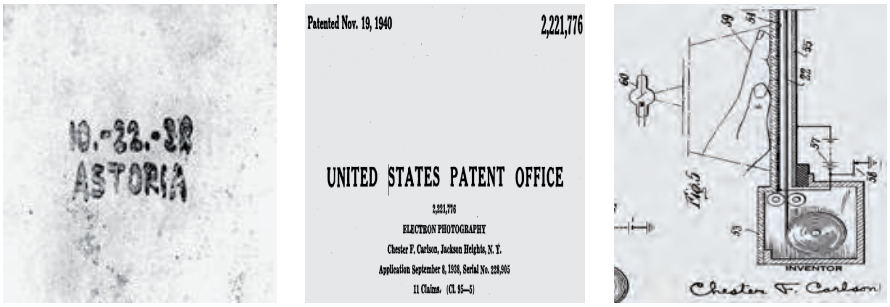
In secondo luogo Pál Selényi (Adony, 17 novembre 1884-Budapest, 21 marzo 1954) uno dei ricercatori più versatili della fisica sperimentale ungherese, studiò fisica e matematica all'Università di Budapest per la quale collaborò. I suoi notevoli interessi tecnologici lo portarono a lavorare a lungo per i Laboratori della Società "Tungsram". Fin dai primi lavori si impegnò nello studio della natura della luce e delle sue applicazioni, tra cui i suoi primi esemplari di riproduzione elettrostatica di immagini (1934). Ha pubblicato più di cento articoli nel campo dell'ottica, tecnologia del vuoto, fotometria e elettrografia. Quest'ultima invenzione – richiesta di brevetto in Ungheria

fin dal 22 marzo 1934 e brevettata negli Stati Uniti dal 10 gennaio 1939 – era stata condensata in un articolo spedito ad una rivista internazionale nei primi di maggio del 1938 dal titolo: "On the Electrographic Recording of Fast Electrical Phenomena" (Selényi 1938, ricevuta dalla rivista il 10 maggio 1938). In cui descrive una macchina per la registrazione elettrostatica per fenomeni elettrici rapidamente variabili, fornendo numerose indicazioni tecnico-scientifiche. Questo articolo fornì le basi della *xerografia* di Carlson, come lo stesso inventore americano dichiarò (Owen 2004a, p. 86).

In terzo luogo offriamo qualche informazione sullo scienziato italiano. Augusto Righi (Bologna, 27 agosto 1850-Bologna, 8 giugno 1920) matematico, ingegnere, è stato uno dei più famosi fisici italiani ed europei dell'Ottocento, abile fotografo tecnico-scientifico, ma anche di ambiente (Dragoni 2013). In questa nostra ricerca questa sua competenza giocò un ruolo particolarmente importante, in quanto fin dal 12 maggio 1881 (quando lesse la Memoria all'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna) Righi era stato in grado, per il suo primo articolo sulle «ombre elettriche», di realizzare immagini elettrostatiche permanenti di oggetti campione (Righi 1882). Fu uno dei padri delle teorie elettroniche e ioniche della struttura della materia e può essere considerato uno dei fisici che ha maggiormente contribuito – attraverso tutto l'insieme delle sue sperimentazioni e dei suoi studi anche teorici – alla nascita della fisica atomica e subatomica e alla conferma definitiva della teoria elettromagnetica della luce di Maxwell. Fu tra i fondatori della Società Italiana di Fisica (1897) e riuscì a realizzare la costruzione del nuovo Istituto di Fisica di Bologna (1907).

2.3. Una data fondamentale per la nostra ricerca: il 22 Ottobre 1938

Una tradizione usualmente accettata sostiene che la prima fotocopia fu realizzata nel 1938 da Chester Carlson che, usando una lastra di zinco ricoperta di zolfo, produsse una copia della scritta «10.-22.-38 ASTORIA», cioè sabato 22 ottobre 1938 ad Astoria.[1]



Figg. 4-5-6. A sinistra, la prima copia fotostatica ufficialmente riconosciuta riportava la scritta «10.-22.-38 ASTORIA» (22 ottobre 1938); al centro, il frontespizio del primo brevetto presentato in data 8 settembre 1938; a destra, il sistema presentato nella richiesta del brevetto

[1] Cittadina del grande quartiere Queens di New York.

La scritta originale era stata posta su un vetrino di microscopio collocato sopra lo strato di zolfo e sottoposto ad una intensa sorgente di luce. Dopo avere rimosso il vetrino, un'immagine uguale all'originale della scritta rimase incisa sulla lastra. Questa!

2.4. L'ufficialità storiografica: le parole di Carlson

Un lungo percorso di perfezionamenti tecnici e scientifici portò Carlson all'invenzione del suo processo.[2] Ecco come lo stesso Carlson descrive l'invenzione:

> I went to the lab that day and Otto[3] had a freshly-prepared sulfur coating on a zinc plate. We tried to see what we could do toward making a visible image. Otto took a glass microscope slide and printed on it in India ink the notation "10.-22.-38 ASTORIA". We pulled down the shade to make the room as dark as possible, then he rubbed the sulfur surface vigorously with a handkerchief to apply an electrostatic charge, laid the slide on the surface and placed the combination under a bright incandescent lamp for a few seconds. The slide was then removed and lycopodium powder was sprinkled on the sulfur surface. By gently blowing on the surface, all the loose powder was removed and there was left on the surface a near-perfect duplicate in powder of the notation which had been printed on the glass slide.[4]

2.5. Dall'invenzione alla commercializzazione

Tra il 1939 e il 1944 Carlson contattò molte aziende americane tra cui l'IBM e la "General Electric", ma queste Società non ritennero che esistesse un sufficiente mercato per questo tipo di riproduzioni elettrostatiche, essendo allora in uso la carta carbone copiativa ed altri sistemi di duplicazione.

Solo nel 1944 il "Battelle Memorial Institute", un'organizzazione non-profit di Columbus nell'Ohio, sostenne finanziariamente e tecnicamente Carlson nel perfezionamento del nuovo processo. Nei successivi cinque anni l'Istituto condusse esperimenti per migliorare la tecnica elettrofotografica. Nel 1947 la "Haloid", una piccola azienda di New York specializzata nella produzione e vendita di carta fotografica, contattò il "Battelle Institute" per ottenere la licenza per lo sviluppo e il commercio di macchine copiatrici basate sulla nuova tecnologia. La "Haloid" cambiò il nome del processo *electrophotography* (*elettrofotografia*) in *xerografia* (dal greco "scrittura a secco") per sottolineare la comodità rispetto ai sistemi precedenti ad umido o a liquido, decise poi di chiamare le nuove macchine copiatrici "Xerox" e nel 1949 introdusse la prima macchina fotocopiatrice. Un successo commerciale ed economico enorme arrise a questa tecnologia dopo l'introduzione nel 1959 della "Xerox 914", progettata da Di Majo, la prima efficiente e veloce macchina fotostatica della storia.

---

[2] New York Public Library, Manuscripts and Archives, *Chester F. Carlson, Personal Papers* e *Unpublished Memoirs.*
[3] Otto Korney, un fisico austriaco disoccupato, assunto come collaboratore da Carlson.
[4] Ripreso da Dinsdale (1963), *passim*.

L'intera vicenda può, forse, essere paragonabile solo al grande successo raggiunto dalla telegrafia senza fili e dalle radiocomunicazioni. Siamo quindi d'accordo con David Owen quando nel 2004 scrive su Carlson per lo «Smithsonian Magazine»: «his invention is the biggest thing in printing since Gutenberg» (Owen 2004b).

2.6. Il principio fisico

Successivi miglioramenti nella tecnologia elettrofotografica portarono progressivamente all'attuale sistema, basato su un cilindro fotosensibile[5] su cui viene creata un'immagine elettrostatica ad alto contrasto, sviluppata e trasferita su carta per mezzo di una polvere di materiali opportuni, cioè resine acriliche, polvere di carbone, grafite, ecc. chiamata *toner*, successivamente riscaldata e fusa sulle fibre del foglio.

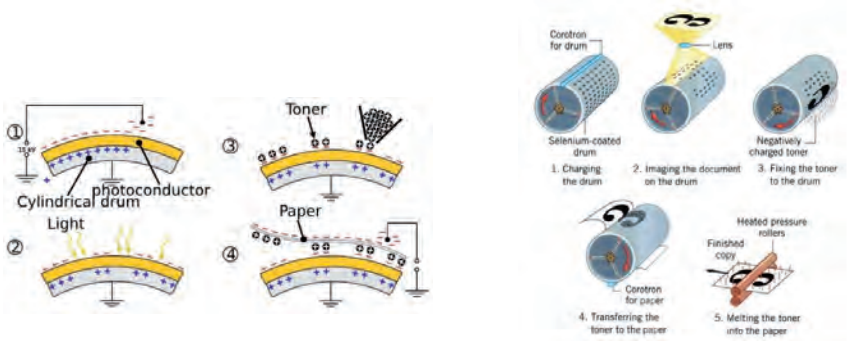
L'intero processo si basa su 5 stadi: un tamburo cilindrico di alluminio rivestito del fotoconduttore riceve una carica elettrostatica uniforme (600-700 V).

Quando la luce illumina lo scritto o l'immagine originale, una sua riproduzione viene proiettata sul tamburo, neutralizzando così la carica superficiale in corrispondenza delle zone bianche dell'immagine.

La distribuzione della quantità di carica, rimasta sul tamburo, costituisce quindi un modello elettrostatico dell'immagine che si vuole riprodurre, cioè delle zone nere, cioè non illuminate in trasparenza.

Sul tamburo viene quindi spruzzato il *toner* portante una carica opposta a quella del tamburo. La polvere aderisce alle zone che hanno mantenuto la loro carica elettrica (non illuminate).

La trama del *toner* viene trasferita sulla carta dove viene fusa termicamente per il fissaggio definitivo.



Figg. 7-8. A sinistra, il principio fisico; a destra, processo "Xerox": caricamento del tamburo ed esposizione dell'immagine

[5] Fotoconduttività, proprietà di certe sostanze (fotosensibili) di condurre la corrente elettrica solo quando vengono illuminate, mentre al buio si comportano da isolanti.

3. Dal "Mito" alla ricerca storica: gli antecedenti

3.1. Gli antecedenti

Per comprendere un po' meglio l'origine storica di questi procedimenti è necessario ricordare che la tecnologia descritta aveva avuto parecchi antecedenti, seppure con finalità diverse (perlopiù con obiettivi legati all'indagine sulla struttura atomica della materia) e che il fenomeno delle «ombre elettriche» era già noto nei tubi a scarica, a *bassa pressione*, tramite l'opera di W. Crookes, E. Goldstein, W. Holtz, G.H. Wiedemann *et al.,* da cui derivarono fondamentali scoperte in fisica atomica: raggi catodici, raggi canale, ecc. Augusto Righi riuscì ad ottenere analoghi effetti alla *pressione ordinaria* in ambiente di laboratorio tramite un apposito dispositivo sperimentale.

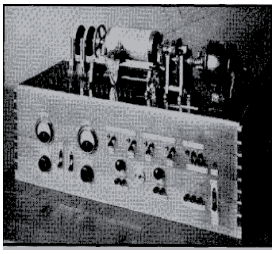
Il ruolo di Righi è, comunque, ignorato anche nel volume che più di ogni altro ci sembra abbia affrontato in maniera approfondita questa tematica, quello di David Owen (2004a). In ogni caso, questo libro introduce nel contesto della propria ricostruzione storica una sostanziale novità: quella del ruolo giocato nella vicenda della tecnologia dell'elaborazione fotostatica delle immagini dallo studioso ungherese Pál Selényi.

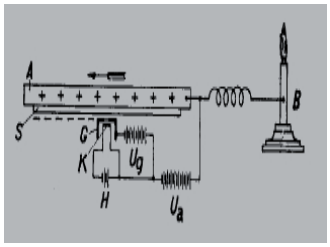
3.2. Le ricerche di Pál Selényi

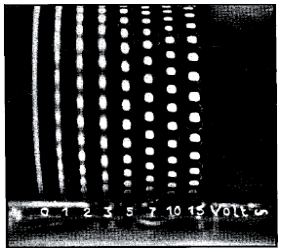
A testimonianza di quanto scritto da Selényi (1969) riportiamo ora alcuni brani contenuti nel già citato "On the Electrographic Recording of Fast Electrical Phenomena", in cui lo scienziato ungherese fornisce dettagliate e specifiche informazioni sui suoi sistemi per riprodurre e fissare immagini di fenomeni fisici, come documentato dalle citazioni ed immagini seguenti.

> […] Some years ago I invented an entirely new method of recording which comprises the conservation of electrical signals in form of *an invisible electrical picture* on the surface of an insulating sheet by means of the *electrostatic charges* transported in vacuum by the cathode rays or by those of an ion beam moving in the free atmospheric air and developing the latent image by dusting over with a fine, electrically charged powder, such as minium, talcum, lycopodium powder, etc. Whilst the first and more complicated method – utilizing the cathode or Lenard rays – has not been developed beyond the experimental stage, the second more simple method has reached in a short time a high standard, and I succeeded already in 1935 in applying this method to picture and facsimile telegraphy. [Nel testo originale e riportata la seguente nota: See *Elektrotechn. Zeits*. 56, 961 (1935) and *Wireless Eng.* 15, 303 (1938)]. Apart from these and other practical applications this method of recording (named by us "Electrography") may be, I think, a valuable tool in many branches of science and technique because of its unique advantages over other existing methods of recording. [Nel testo originale è riportata la seguente nota: For more detailed accounts see *Zeits. f. tech. Physik* 16, 607 (1935), and 17, 477 (1936)] […] Fig. 2 [nel nostro testo Fig. 9] a motordriven model with many improvements (timing device, etc.) whilst Fig. 3 [nel nostro testo Fig. 10] which we will use for explaining the principle of electrography shows diagrammatically the essential parts of the devices.

On Fig. 3 K is a hot cathode, e.g., a platinum wire of 0.1-0.2 mm diameter, coated with barium oxide and energized by the battery H, G a control electrode (grid) consisting of a metal cap with a small circular or linear opening and A is a metal plate (anode) covered on its frontal surface with a thin sheet S of insulating material. The distances cathode-grid and grid-sheet must be as small as possible about 1/2-1 mm. The whole arrangement operates in the following manner. Electrons emerge from the hot cathode, attach themselves to the gas molecules and are driven by the anode voltage Ua of 500 to 1000 volts through the opening in G and are finally deposited on S forming a negatively charged spot on the latter. The anode may be moved with the sheet in the direction of the arrow and the ion beam then traces an invisible electric line on the sheet, which is capable of development similar to the well-known Lichtenberg-figures, i.e., by dusting over with a positively charged fine powder, e.g., with lycopodium powder sprayed out from a container with a current of air. […] (Selényi 1938, pp. 637-638).



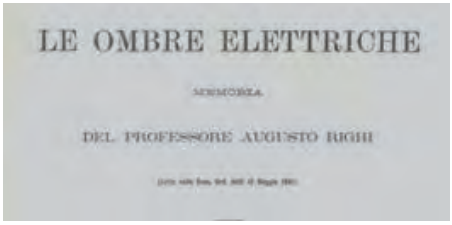




Figg. 9-10-11. A sinistra, modello perfezionato dell'oscillografo elettrografico; al centro, schema del sistema di registrazione elettrografico; a destra, registrazioni di correnti alternate a 50 cicli per sec. da 1 a 15 volt (nell'originale Fig. 5)

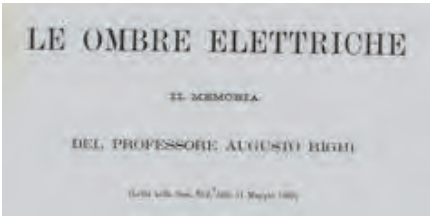
3.3. Augusto Righi: una sua "fotocopia" del 1881

A giustificazione di questo titolo ricordiamo che Augusto Righi realizzò un apparato sperimentale funzionante a pressione ordinaria con il quale produsse molte immagini "fotostatiche" nei suoi lavori sulle «ombre elettriche».


LE OMBRE ELETTRICHE

MEMORIA

DEL PROFESSORE AUGUSTO RIGHI


LE OMBRE ELETTRICHE

II. MEMORIA

DEL PROFESSORE AUGUSTO RIGHI

Figg. 12-13. A sinistra, frontespizio della breve presentazione di Righi su: *Le ombre elettriche*, 1881 (prima memoria, Righi 1882); a destra, frontespizio dell'ampia monografia di Righi su: *Le ombre elettriche*, 1882 (seconda memoria, Righi 1883)

In particolare, citiamo i due contributi riprodotti nelle immagini seguenti e che commenteremo nel seguito di questo lavoro. Possiamo dire fin d'ora che in questi lavori di Righi la locuzione «ombre elettriche» sta ad indicare, come si vedrà, in una sorta di traduzione ideale, e a distanza di tempo, l'espressione «copie fotostatiche».

3.4. Righi: la sua sperimentazione sulle «ombre elettriche» e l'apparato sperimentale

Le pubblicazioni di Righi del 1881 e, soprattutto, quella del 1882 sono ricchissime di indicazioni e di spiegazioni che ora citeremo sinteticamente.

L'apparato sperimentale di Righi (Fig. 14) è così descritto:

> […] AB è un'asta verticale di ferro sostenuta da uno zoccolo pesante. Su di essa possono fissarsi a diverse altezze tre bracci d'ebonite [termine usato all'epoca per ebanite], il primo dei quali sostiene un'asta d'ottone P avente all'estremo superiore una pallina ed all'inferiore una punta; il secondo porta il corpo C destinato a produrre l'ombra e che in generale era nelle mie esperienze una specie di fiore o di croce tagliata in una lastra d'ottone ed a spigoli smussati […]; il terzo infine in forma di pinzetta, e mobile nel senso della sua lunghezza, serve a reggere un disco D o una lastra di altra forma […] (Righi 1882, p. 559).

Righi così prosegue:

> […] Sia D un disco d'ottone, e vi si sovrapponga un disco d'ebonite. Caricata una bottiglia di Leida […] in modo che possa dare una scintilla di 1 a 2 cent. di lunghezza, se ne ponga l'armatura esterna in comunicazione con D, poi col bottone comunicante coll'interna si tocchi l'asta P. Proiettando subito dopo sulla ebonite *senza staccarla dal disco d'ottone D*, il noto miscuglio di minio e solfo per mezzo di un soffietto, vedesi delinearsi una immagine della croce C […] (Righi 1882, pp. 559-560).

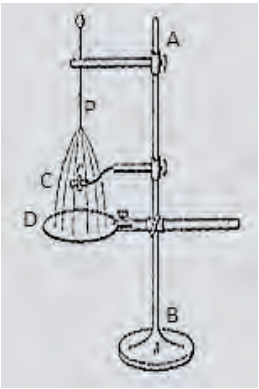
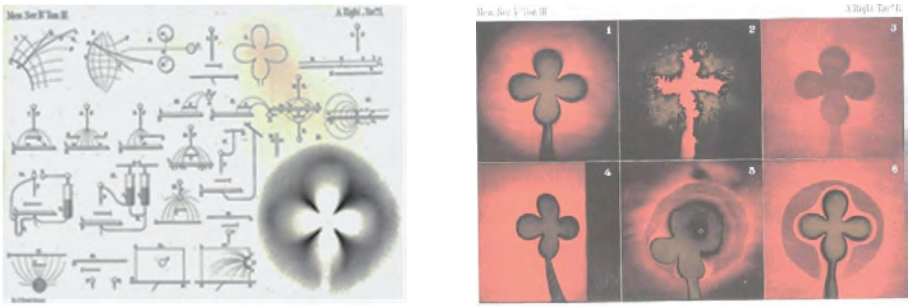


Fig. 14. Apparecchio sperimentale per la produzione delle «ombre elettriche», riprodotto nella prima memoria di Augusto Righi (presentata il 12 maggio 1881, pag. 559)

Citiamo ancora le parole di Righi in un brano in cui menziona altre procedure di fissaggio dell'immagine:

> […] Formata la figura, può rendersi stabile facendovi cadere sopra una nebbia di soluzione di gelatina, o di vernice di gomma lacca, adoperando un ordinario polverizzatore per liquidi. […] Se sotto la punta e la croce e sulla lastra metallica, si pone una lastra di vetro collodionato e sensibilizzato, come per ottenere una negativa fotografica ordinaria, dopo un tempo sufficiente d'azione della macchina, si ottiene con l'ordinario sviluppo (p.es. al solfato di ferro) un'immagine dell'ombra della croce […] (Righi 1882, p. 562).



Figg. 15-16. Le Tavole I e II allegate alla seconda memoria (letta l'11 maggio 1882), in cui Righi prosegue nella sua dettagliatissima analisi sperimentale

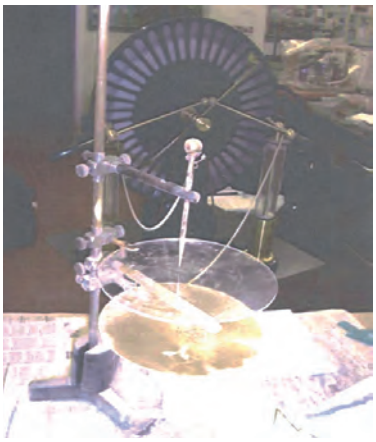
4. Confronto Righi/ Selényi/ Carlson

4.1. Obiettività di ricerca

Risulta chiaro dal confronto e dalle considerazioni sopra riportate che le procedure praticate da Carlson sono sostanzialmente le stesse di quelle a suo tempo utilizzate da Righi e molto simili a quelle elaborate da Selényi. I principi fisici legati all'elettrostatica sono esattamente gli stessi. In un caso e nell'altro una polvere, o un inchiostro, si deposita in maniera stabile su un'immagine caricata elettrostaticamente. Le difficoltà storicamente incontrate da Carlson tra il 1930-1950 costituiscono un importante indice storiografico che ci fa comprendere come fosse letteralmente impossibile, negli anni in cui Righi realizzò i suoi dispositivi (1881-1882), che si potesse concretamente attuare una produzione commerciale delle sue idee sulle «ombre elettriche». Oltretutto Righi non pensò di brevettare gli aspetti applicativi di queste sue ricerche.[6] Il nostro esempio fornisce sostegno

[6] In realtà Righi in tutta la sua vita ottenne un unico brevetto internazionale per un dispositivo che presentò a Parigi all'Esposizione Universale del 1878, e che descrisse nel suo lavoro *Il Telefono che si ascolta a distanza* (Righi 1878). Il giovanissimo Righi in quella occasione ottenne un grande apprezzamento personale, ma non il successo commerciale che forse si attendeva. Fu forse questa delusione e una più matura consapevolezza della funzione sociale che la scienza applicata deve avere che persuase Righi a non richiedere in seguito ulteriori brevetti per le sue acquisizioni scientifiche, a differenza di quanto avvenne per Selényi e, soprattutto, per Carlson.

all'idea dell'esigenza di un'analisi storiografica, il più possibile dettagliata, per valutare gli avvenimenti storici. Con questo spirito, e grazie ad alcune preziose collaborazioni, anni fa si è realizzato (vedi Figg. 17-18), per un doveroso confronto, una replica dell'apparato storico originale di Augusto Righi.[7] La strada da seguire, a nostro parere, non può non essere quella più difficile dell'impegno in una storiografia fuori da ogni conformismo e sensibile solo al richiamo dell'obiettività della ricerca.



Figg. 17-18. A sinistra, apparato con il disco coibente in plexiglas distanziato dal disco conduttore d'ottone; a destra, ombra di numeri di ottone con zolfo su carta nera appoggiata a disco metallico

Nonostante tutte le difficoltà evidenti in un simile proposito – ma a priori non esistano impossibilità di principio – questa, a nostro parere, è l'unica strada praticabile e deontologicamente corretta. Quella cioè di tentare di raggiungere una piena conoscenza dei fatti, nel più completo rispetto delle parti in causa, ai soli fini del raggiungimento della maggiore obiettività possibile.

Ringraziamenti

Si ringraziano i Direttori della Sezione di Bologna dell'INFN che si sono succeduti negli anni per la cortese collaborazione concessa al Museo di Fisica: Proff. Antonio Vitale, Paolo

[7] Lisa Levizzani, Tesi in Fisica, *Le "Ombre elettriche" di Righi. Un'anticipazione delle macchine fotostatiche*, Relatore G. Dragoni. A.A. 2004-2005, Sessione III, Alma Mater Studiorum, Università degli Studi di Bologna. Dalle immagini realizzate in questo lavoro di Tesi, oltre che dalle sue considerazioni, si evince in maniera palese oltre che l'abilità della laureanda, ora insegnante, e dei tecnici dell'Officina INFN di Bologna, anche l'efficacia delle sperimentazioni di Augusto Righi. Per una questione di completezza e correttezza, infatti al di là delle considerazioni sopra riportate che derivano quasi completamente dall'analisi della letteratura primaria esistente, ci si è voluti impegnare nel tentativo di ricostruire materialmente il dispositivo di Righi sulle ombre elettriche che non ci è pervenuto, probabilmente perché i componenti erano parti diverse assemblate al momento allo scopo delle sue sperimentazioni.

Giusti, Maurizio Basile, Antonio Zoccoli, Graziano Bruni e i loro Tecnici. In particolare, si ringrazia il Responsabile dell'Officina Dott. Anselmo Margotti e i Signori Giulio Pancaldi e Fabio Zuffa. Si ringraziano, inoltre, i Colleghi Silvio Bergia ed Attilio Forino per i loro suggerimenti. Un grato riconoscimento per il suo aiuto informatico al Dottor Paolo Cinti del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna. Un sincero ringraziamento ai Responsabili della Ditta Bimac, Macchine per Ufficio di Bologna per i chiarimenti tecnici ricevuti sul funzionamento delle macchine fotocopiatrici.

Crediti fotografici

Si ringraziano le Persone e gli Enti per l'uso delle seguenti immagini: Fig. 1 Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna; Fig. 2 Wikipedia; Figg. 3, 4, 7, 8 Courtesy of Xerox Corporation; Figg. 5, 6 Patent US 2221776 A da Google; Figg. 9, 10, 11 in Tar, D. (1997). "Paul Selényi and xerography" *Fizikai Szemle*; Figg. 12, 14 da Righi, A. (1881-82). "Le ombre elettriche". *Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*; Figg. 13, 15, 16 da Righi, A. (1882-83). "Le ombre elettriche". *Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*; Figg. 17, 18 da Lisa Levizzani, Tesi in Fisica, "Le 'Ombre elettriche' di Righi. Un'anticipazione delle macchine fotostatiche", (2004-2005). Sessione III, Relatore Dragoni, G. Alma Mater Studiorum, Università degli Studi di Bologna.

Bibliografia

Anon. (1948). "Revolution Ahead?". *Time Magazine*, Nov. 1, pp. 82-83.

AA.VV. (1948). *Proceedings of the Thirty-Third Annual Meeting of the Optical Society of America* (Detroit, MI, 21-23 October 1948), in *Journal of the Optical Society of America*, 38 (12), pp. 1092-1106.

Bergia S., Dragoni G., Gottardi G. (1999). *Dizionario biografico degli scienziati e dei tecnici*. Bologna: Zanichelli.

Bodó Z. (a cura di). *Pál Selényi Gesammelte Arbeiten*. Budapest: Akadémiai Kiadó (con breve biografia scritta dalla moglie Irén Selényi-Greiner).

Buie E.E. (1965). "From Janitor Boy to Spectacular Success". *The Sun Telegram, A Newspaper for San Bernardino County*, March 7th, Rubrica "They tell me", p. C-7.

Burlan D.M., Schein L.B. (1986). "Physics of Electrophotography". *Physics Today*, 39 (5), pp. 46-53.

Dennis G., Hall R.M. (2000). "Chester F. Carlson. A Man to Remember". *Optics and Photonics News*, 11 (September), pp. 14-18.

Dessauer J.H., Clark H.E. (1965). *Xerography and Related Processes*. Oxford: Focal Press.

Dessauer J.H. (1971). *My Years with Xerox. The Billions Nobody Wanted*. Dublin: Manor Books.

Dinsdale A. (1963). "Chester Carlson F., Inventor of Xerography – A Biography". *The Journal of Photographic Science and Engineering*, 7, pp. 1-4.

Dougherty P. (1963). "He invented Xerography. 2,221,776 – Lucky Number". *Brighton-Pittsford Post*, Nov. 14th, p.1 e continuazione a p. 6B.

Dragoni G. (1988). *Il Museo di Fisica*, in Tega W. (a cura di), *Storia illustrata di Bologna*. S. Marino: AIEP, pp.141-160.

Dragoni G. (1997). *Creatività tra scienza e tecnica*, in Dragoni G., Tozzi Fontana M. (a cura di), *Interpretare l'innovazione*. Bologna: Il Nove Editore, pp. 29-60.

Dragoni G. (a cura di) (2000). *Far fare fisica. Attività didattica al Museo di Fisica*. Roma: Servizio Pubblicazioni e Informazioni Scientifiche del CNR.

Dragoni G. (a cura di) (2005). *Una didattica occhi negli occhi. Attività didattico-sperimentale al Museo di Fisica dell'Università degli Studi di Bologna*. Roma: Servizio Pubblicazioni e Informazioni Scientifiche del CNR.

Dragoni G. (2013). *Augusto Righi*, in *Contributo italiano alla storia del pensiero. Scienze*. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana, pp. 615-618.

Einstein A. (1905). "Ueber einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt". *Annalen der Physik*, 17, pp. 132-148.

Fortuzzi P., Giorgi M. (1989). "Le Proposte didattiche". *Scuola se*, 56 (anno VIII, dic.), pp. 53-57.

Hughes A.L. (1932). *Photoelectric Phenomena*. New York: McGraw Hill.

Jewkes J., Sawers D., Stillerman R. (1958). *The Sources of Invention*. London: Macmillan and Co.

Kragh H. (1990). *Introduzione alla storiografia della scienza*. Bologna: Zanichelli.

Owen D. (2004a). *Copies in seconds. How a lone inventor and an unknown company created the biggest communication breakthrough since Gutenberg. Chester Carlson and the birth of the Xerox machine*. New York: Simon & Schuster.

Owen D. (2004b). "Making copies". *Smithsonian Magazine*, August, pp. 91-97.

Pasquinelli A., Tabarroni G. (1975). Le teorie scientifiche dal 1860 ad oggi, in Grande Antologia Filosofica. Il Pensiero contemporaneo. Sezione seconda. Milano: Marzorati.

Righi A. (1878). "Il Telefono che si ascolta a distanza". *L'Elettricista*, 2, p. 616.

Righi A. (1882). "Le Ombre Elettriche". *Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*, serie 4, tomo 2, pp. 555-567.

Righi A. (1883). "Le Ombre Elettriche". *Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*, serie 4, tomo 3, pp. 461-498, 3 tavole.

Schaffert R.M., Oughton C.D. (1948). "Xerography. A New Principle of Graphic Reproduction", *Journal of the Optical Society of America*, 38 (12), pp. 991-998.

Selényi P. (1938). "On the Electrographic Recording of Fast Electrical Phenomena". *Journal of Applied Physics*, 9, pp. 637-641.

Sitografia

[Otto_Kornei]. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Otto_Kornei> [data di accesso: 26/08/2014].

[Astoria, Queens]. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Astoria,_Queens> [data di accesso: 26/08/2014].

[Business Services and Digital Printing Solutions - Xerox]. URL: <http://www.xerox.com/downloads/usa/en/innovation/innovation_storyofxerography.pdf> [data di accesso: 26/08/2014].

[Chester Carlson]. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Chester_Carlson> [data di accesso: 26/08/2014].

[Chester Carlson, American Inventor]. URL: <http://what-when-how.com/scientists/carlson-chester-1906-1968-american-inventor-xerography-scientist/> [data di accesso: 26/08/2014].

[Chester F. Carlson, Facts]. URL: <http://yourdictionary.com /chester-f-carlson> [data di accesso: 26/08/2014].

[Chester Carlson Inventor, Biography]. URL: <http://www.ideafinder.com/history/inventors/carlson.htm> [data di accesso: 26/08/2014].

[Chester F. Carlson, Inventor of Xerography, A Biography]. URL: <http://library.rochester.edu /carlson/chester/biography> [data di accesso: 26/08/2014].

[Fisikai Szemle 1999 5 - Zsolt Bor - Optics by Hungarians]. URL: <http://wwwold.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz9905/bor.html> [data di accesso: 26/08/2014].

[Gallery of Innovators - RIT Innovation Hall of Fame]. URL: <http://www.rit.edu/alumni/ihf/inductee.php?inductee=2> [data di accesso: 26/08/2014].

[History, Travel, Arts, Science, People, Places - Smithsonian]. URL: <http://www.smithsonianmag.com/history/making-copies-2242822/?all> [data di accesso: 26/08/2014].

[Museo di Fisica, Dipartimento di Fisica e Astronomia di Bologna]. URL: <http://www.fisica-astronomia.unibo.it/it/biblioteche-e-musei/museo-di fisica/index.html> [data di accesso: 26/08/2014].

[Museo di Fisica, Sistema Museale d'Ateneo di Bologna]. URL: <http://www.sma.unibo.it/fisica/index.html> [data di accesso: 26/08/2014].

[New York Public Library]. URL: <http://www.nypl.org/sites/default/files/archivalcollections/pdf/carlsonc.pdf> [data di accesso: 26/08/2014].

[New York Public Library, Mother of Invention]. URL: <http://huffingtonpost.com/the-new-york-public-library/nypl-mother-of-invention_b_863124.html> [data di accesso: 26/08/2014].

[Pál Selényi]. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Pál_Selényi> [data di accesso: 26/08/2014].

[Xerography, History, Invention of Xerography]. URL: <http://www.ideafinder.com/history/inventions/xerography.htm> [data di accesso: 26/08/2014].

Un inedito di John Bell sull'onda pilota di de Broglie

Angela Laurora - Università di Bari "Aldo Moro" - angela.laurora@uniba.it
Augusto Garuccio - Università di Bari "Aldo Moro" - augusto.garuccio@uniba.it

Abstract: L'idea dell'onda pilota di de Broglie del 1923 ha costituito uno dei temi fondamentali della ricerca in Meccanica Quantistica, suscitando negli anni a seguire l'interesse e il confronto dei diversi protagonisti del dibattito sui fondamenti di questa teoria. Tra coloro che hanno contribuito alla discussione sulla tematica, John Bell ha in alcuni suoi lavori scientifici espresso la sua favorevole opinione sul modello dell'onda pilota di de Broglie. In questo contributo presentiamo un documento inedito del fisico irlandese, *Notes for a history of the pilot wave*, in cui è tracciato un progetto di ricostruzione storica del dibattito intorno a tale teoria. Il manoscritto è stato ritrovato tra la documentazione originale e inedita conservata e resa disponibile dalla sig.ra Mary Bell, moglie e collega del fisico irlandese. L'inedito è particolarmente significativo poiché Bell affronta la questione in una prospettiva, quella storica, cercando di offrire un quadro organico delle riflessioni dei fisici che si erano interrogati sull'argomento, organizzandole cronologicamente e con riferimento alle fonti bibliografiche. In particolare esso permette una ricostruzione storica delle riflessioni di Bell sulle posizioni dei padri fondatori della Meccanica Quantistica circa l'idea di de Broglie, posizioni da loro espresse in occasione dei due eventi che egli reputa più pertinenti alla tematica: la V Conferenza Solvay *Électrons et photons* nel 1927 e nel 1952 la raccolta di scritti *Louis de Broglie, Physicien et Penseur*, a cui contribuirono i protagonisti che in quegli anni avevano partecipato al dibattito.

Keywords: John Bell, Meccanica Quantistica, Louis de Broglie, Onda pilota.

1. Introduzione

Il paradosso formulato nel 1935 da Einstein, Podolsky e Rosen è stato uno dei principali temi della ricerca sui fondamenti della Meccanica Quantistica e John Bell (1928-1990) ha ricoperto un ruolo fondamentale nel relativo dibattito, permettendo di affrontare quegli aspetti che hanno condotto a nuovi sviluppi di rilevanza concettuale e, successivamente, applicativa. Bell è riuscito a stimolare le ricerche sul paradosso EPR, orientando i lavori di tutti coloro che hanno affrontato tali tematiche e l'importanza del suo lavoro scientifico è ora universalmente riconosciuta dalla comunità scientifica.

Recentemente la possibilità di avvalersi dell'analisi della corrispondenza scientifica e di altri documenti originali resi disponibili dalla Sig.ra Mary Bell, moglie e collega di

John, ha permesso di fornire un contributo (Laurora 2014) che integra la ricostruzione storica del pensiero scientifico di Bell e conferma il carattere fortemente originale nella ricerca teorica.

Il dibattito sulla questione aperta nel 1935 da Einstein, Podolsky e Rosen, con la pubblicazione del lavoro "Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?" (Einstein *et al.* 1935), rimase, per circa 30 anni, limitato a un piano filosofico e un suo sviluppo, non legato unicamente alle convinzioni personali dei protagonisti, fu reso prudente da un'opera precedente del famoso matematico John von Neumann, *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, che nel 1932 aveva mostrato l'impossibilita di completare la Meccanica Quantistica nei termini causali e locali proposti da Einstein (Von Neumann 1932). Nel 1952, tuttavia, il fisico David Bohm pubblicò "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of Hidden Variables" (Bohm 1952) in cui mostrò invece possibile tale completamento della Meccanica Quantistica e riformulò il paradosso considerando una configurazione molto vicina ad una possibile situazione fisica realizzabile sperimentalmente.

Fig. 1. John Stewart Bell. Cortesia del CERN di Ginevra

È proprio la lettura del lavoro di Bohm che colpì l'interesse di John Bell e accrebbe le motivazioni che lo avevano condotto a interessarsi alla questione fin da studente. Nel 1964 pubblicò "On the Einstein-Podolsky-Rosen paradox" (Bell 1964), un lavoro pionieristico in cui egli propose la famosa diseguaglianza che porta il suo nome. La pubblicazione, dopo aver ricevuto tiepide reazioni, suscitò un rinnovato interesse verso la ricerca sui fondamenti della Meccanica Quantistica a seguito della pubblicazione nel 1969 dell'articolo di Clauser, Horne, Holte e Shimony sulla proposta di test sperimentali per la verifica della diseguaglianza di Bell (Clauser *et al.* 1969) e dei contributi e della discussione al Convegno di Varenna nel 1970 (d'Espagnat 1971).

La pubblicazione dei risultati riguardanti la prima generazione di test sperimentali condotti tra il 1972 e il 1976 e di quelli concernenti gli esperimenti di seconda generazione eseguiti tra il 1976 e il 1982 furono di stimolo alle riflessioni di Bell e consentirono di ampliare l'interesse e la partecipazione al dibattito. Fu un periodo in cui, tuttavia, il dibattito si svolse ancora per vie informali, come testimonia il ruolo che ebbero gli incontri sulla questione delle variabili nascoste organizzati tra il 1973 e il 1982 dall'Associazione "Gonseth" e dalla conseguente diffusione dei fascicoli *Epistemological Letters*, che raccolsero i contributi al dibattito e consentirono quindi il confronto e l'affinamento delle relative idee, prima della loro pubblicazione su qualche rivista adeguata (Association F. Gonseth 1973-1984).

Tra il 1982 e il 1990, un periodo caratterizzato dal proseguimento della riflessione sulle questioni fondamentali e dai test sperimentali di terza generazione, vi fu una maggiore partecipazione di Bell ai convegni ai quali – rispetto a quelli degli anni Settanta – contribuì con seminari particolarmente caratterizzati dall'attenzione a diffondere le idee ormai consolidate e a divulgarle anche attraverso le interviste che egli rilasciò tra il 1983 e il 1990.

Nel marzo del 1987 Bell raccolse, nel volume *Speakable and unspeakable in quantum mechanics* (Bell 1987), i lavori scientifici pubblicati tra il 1964 e il 1987, tra i quali vi sono anche quelli che affrontano la teoria di de Broglie. Nella Prefazione al volume Bell suggerì la lettura di quegli articoli che, a suo giudizio, consentono di comprendere gli aspetti essenziali della teoria formulata dal fisico francese. Sono i lavori che hanno permesso di conoscere il punto di vista di John Bell circa il modello dell'onda pilota e che precedono cronologicamente il documento inedito ritrovato.

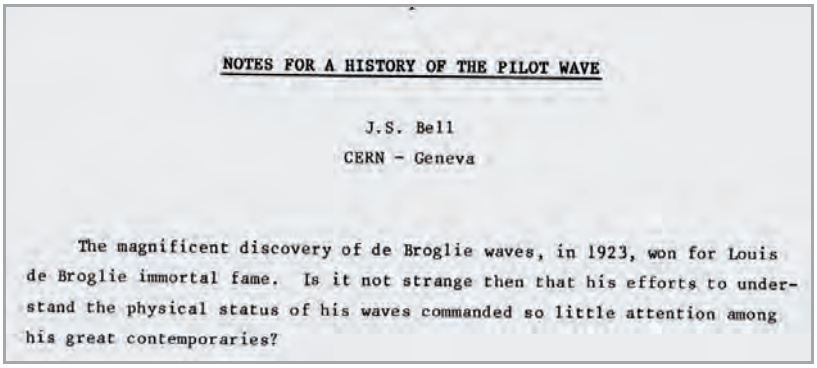
2. *Notes for a history of the pilot wave*

Tra i documenti originali di John Bell è stato ritrovato un manoscritto dal titolo *Notes for a history of the pilot wave* sull'onda pilota, un argomento che – come indicato dallo stesso fisico irlandese – lo ha sempre interessato. Lo sottolinea lui stesso in occasione di un breve scritto dal titolo *Louis de Broglie's guiding wave* inserito nella raccolta di ricordi e di testimonianze personali su Louis de Broglie, pubblicata nel 1988 a cura della "Fondation Louis de Broglie" per ricordare lo scienziato francese a circa un anno dalla sua scomparsa (Bell 1988). Questo contributo, non essendo una pubblicazione scientifica, è praticamente ignorato dalla letteratura ma è prezioso poiché documenta con chiarezza a riguardo il pensiero di Bell:

> The magnificent discovery, in 1923, of de Broglie waves, won for Louis de Broglie immortal fame. Is it not strange then that his efforts to understand the physical status of those waves commanded so little attention among his great contemporaries? His 'pilot wave' picture, of 1927, has fascinated me since I first heard of it. And when I did first hear of it, in 1952 when it was rediscovered and developed by David Bohm, I was indignant that I had not been told of it before. […] But the courage and vitality of de Broglie, in his late maturity, in breaking from a heavily prevailing orthodoxy, remains for me admirable and inspiring. […] I was indignant that I had not been told

> sooner of the pilot wave picture. And I am indignant that even now most students are not told of it at all. For it is a powerful antidote to the complacent notion that the ambiguity and subjectivity of contemporary physical theory are dictated by experimental facts (Bell 1988, p. 27).

Osserviamo che questa breve nota mette in evidenza la sua posizione, per così dire, "politica" sull'interpretazione della Meccanica Quantistica espressa con chiarezza nelle ultime righe del suo contributo in omaggio a de Broglie.



NOTES FOR A HISTORY OF THE PILOT WAVE

J.S. Bell
CERN - Geneva

The magnificent discovery of de Broglie waves, in 1923, won for Louis de Broglie immortal fame. Is it not strange then that his efforts to understand the physical status of his waves commanded so little attention among his great contemporaries?

Fig. 2. Le prime righe del dattiloscritto originale di John Bell

D'altronde John Bell si era già occupato dell'onda pilota nel 1982, proprio in occasione del 90° compleanno di de Broglie, preparando per quell'evento celebrativo un contributo dal titolo "On the impossible pilot wave", pubblicato poi su *Foundations of Physics* nell'ottobre dello stesso anno (Bell 1982), e successivamente inserito nel volume *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*:

> Moreover, the essential idea was one that had been advanced already by de Broglie in 1927, in his 'pilot wave' picture. But why then had Born not told me of this 'pilot wave'? If only to point out what was wrong with it? Why did von Neumann not consider it? More extraordinarily, why did people go on producing 'impossibility' proofs, after 1952, and as recently as 1978? When even Pauli, Rosenfeld, and Heisenberg, could produce no more devastating criticism of Bohm's version than to brand it as 'metaphysical' and 'ideological'? Why is the pilot wave picture ignored in text books? Should it not be taught, not as the only way, but as an antidote to the prevailing complacency? To show that vagueness, subjectivity, and indeterminism, are not forced on us by experimental facts, but by deliberate theoretical choice? I will not attempt here to answer these questions (Bell 1987, p. 160).

Il manoscritto ritrovato conferma l'interesse di Bell per questo argomento ed è particolarmente significativo poiché affronta la questione in una prospettiva, quella storica, cercando di offrire un quadro organico delle riflessioni degli scienziati che si erano interrogati sull'argomento, organizzandole cronologicamente e con riferimento alle fonti bibliografiche.

Il documento è costituito da 12 pagine dattiloscritte. Le prime tre pagine sono dedicate da Bell alle sue riflessioni che si concludono recando la seguente indicazione: «Paris, 5 November, 1987». Il manoscritto si colloca, quindi, successivamente a marzo del 1987 quando scompare de Broglie e dopo la pubblicazione di *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*. Non risulta però che questo lavoro sia stato pubblicato successivamente e, infatti, non è presente neppure nell'edizione aggiornata dello stesso volume pubblicata nel 2004. Una sistematica ricerca tra le fonti secondarie non ha fornito alcun riscontro, per cui è ragionevole ritenere il manoscritto quasi certamente inedito. Alla pagina 4 del documento Bell riporta le indicazioni della bibliografia consultata e in appendice, costituita da 8 pagine, allega il testo delle considerazioni che i diversi scienziati fecero in concomitanza di due eventi che Bell reputa più pertinenti alla tematica: la V Conferenza Solvay *Électrons et photons* nel 1927 e la pubblicazione nel 1952 della raccolta di scritti *Louis de Broglie, Physicien et Penseur* (George 1953).

Nelle pagine del manoscritto relative alle riflessioni, egli parte dall'idea dell'onda pilota proposta da Louis de Broglie nel 1923 e riflette sulla considerazione prestata a questo concetto dai padri fondatori della Meccanica Quantistica:[1]

> The magnificent discovery of de Broglie waves, in 1923, won for Louis de Broglie immortal fame. Is it not strange then that his efforts to understand the physical status of his waves commanded so little attention among his great contemporaries?

L'interesse per tale tematica ebbe origine dalla lettura del lavoro di David Bohm del 1952. Bell rimase affascinato dalla pubblicazione tanto che questa costituì decisamente la spinta decisiva per il suo coinvolgimento come protagonista nel dibattito sui fondamenti della Meccanica Quantistica:

> I have myself been fascinated by his 'pilot wave' picture since I first heard of it – when it was rediscovered and developed by David Bohm in 1952. And I have been intrigued by the reception given to this idea. So I have been led to seek out especially the opinions of the great founding fathers on this matter. I have put together here, in Appendices, what seem to me to be the essential passages in the writings I have found.

Come già detto, in particolare egli valuta le opinioni da loro espresse in occasione dei due eventi che, come già evidenziato, Bell reputa pertinenti alla tematica: la V Conferenza Solvay nel 1927 su *Electrons et Photons*, che vide i più prestigiosi fisici del tempo confrontarsi sulla formulazione della nuova teoria quantistica, e la pubblicazione nel 1952, in occasione del 60° compleanno di de Broglie, di una raccolta di scritti dal titolo *Louis de Broglie, Physicien et Penseur* (George 1953) a cui contribuirono i protagonisti che fino a quell'anno avevano partecipato al dibattito:

> There were two particularly suitable occasions for such opinions to be expressed. The first was in October 1927, the 5th Solvay Conference when de Broglie first

[1] Le citazioni tengono conto delle note scritte a mano da Bell a margine del documento dattiloscritto.

> presented his ideas. The second was in 1952, when a festschrift was put together for de Broglie's 60th birthday – just after, as it happened, the work of Bohm became known.

Riguardo alla V Conferenza Solvay nel 1927 egli indica coloro che, tra i protagonisti del dibattito, intervennero sulla proposta di de Broglie:

> All the great men were at the 1927 meeting: Einstein, Born, Bohr, Schrödinger, de Broglie, Pauli, Heisenberg, Dirac – in order of age. Only Einstein, Schrödinger and Pauli responded to the Broglie. Einstein thought that "Mr. de Broglie is right to look in that direction". (Indeed, Einstein had himself had very similar ideas about the combination of electromagnetic waves and photons.) But he gave no support beyond this remark. Schrödinger said that attempts to put particles and waves together could be at best temporary expedients. He was already in love with the wave, did not want particles at all, and so it was for the rest of his life. Pauli dismissed the pilot wave picture on the grounds that, after an interaction, a system is not seen to go into one of its stationary states. The reply of de Broglie was hesitant, and the point was left for Bohm to clear up. In fact, the idea that a system must always be in one of its stationary states was a hangover from the old Bohr atom. It does not appear now in any careful formulation of the modern theory. Pauli seems not to have returned to the point.

Analogamente, esaminando il volume di saggi *Louis de Broglie, Physicien et Penseur* del 1953, Bell individua nello specifico coloro che fornirono un ulteriore commento all'idea di de Broglie. Riguardo agli altri fisici che non contribuirono alla raccolta di scritti, egli ne riporta alcuni commenti, ritenuti utili per le sue riflessioni:[2]

> In the 1952 festschrift, Einstein and Pauli commented again on the pilot wave theory, and what seems to me the essence of their remarks I include in the Appendices. Schrödinger did not return to it, and after 1927 I know of no comment by him on the pilot wave idea. Born and Heisenberg were present in 1952, but wrote about other things. So I include in the Appendix a relevant remark by Born in a letter to Einstein, and one of his notes to the collected Born-Einstein letters [3]. And I include some relevant passages from a 1955 survey [4] by Heisenberg. Bohr and Dirac were absent in 1952. I represent Bohr here by a remark from a letter to Pauli in August 1927, and by another attributed to him by Heisenberg, and by some of 1952 analysis of Rosenfeld [2], who seems to have appointed himself the champion of Bohr. And I quote some passages from a 1963 article by Dirac [5].

Dopo aver esaminato i vari contributi, Bell evidenzia il lavoro di Bohm del 1952 come un'occasione di cambiamento – circa la riflessione sull'idea di de Broglie – e la relativa risposta da parte dei vari protagonisti del dibattito:

---

[2] Nella citazione sono stati mantenuti i riferimenti bibliografici nella stessa forma con cui compaiono alla pagina 4 del dattiloscritto e di seguito riportati così come annotati da Bell: [2] Louis de Broglie, *Physicien et penseur*, André George, ed. (Albin Michel, Paris 1953), [3] *The Born-Einstein Letters*, M. Born, ed. (MacMillan, London 1971), [4] *Niels Bohr and the Development of Physics*, W. Pauli, L. Rosenfeld and V. Weisskopf, eds. (Pergamon, London 1955), [5] P.A.M. Dirac, *Scientific American*, May 1963, p. 45.

> The situation had been very much changed by the 1952 work of Bohm. Louis de Broglie had himself taken up again his old ideas. The great men had to admit, with visible reluctance it seems to me, that the pilot wave picture could not be faulted logically, nor distinguished experimentally from the orthodox theory. They cast around, rather desperately it seems to me, for other reasons to reject it. They called it 'metaphysical' and 'ideological'. They need not detain us. Pauli pointed out that a careless modification of the picture could get it into trouble with the exclusion principle. So if we modify the pilot wave picture, hoping to improve on quantum mechanics, let us be careful. And they deplored the lack of symmetry between q and p. The ordinary quantum formalism, like classical canonical mechanics, has such symmetry – until one looks at a realistic Hamiltonian.

L'ultimo riferimento è a Paul Dirac:

> It is refreshing in the end to come to the opinions of Dirac – comforting as they are for those who (like Einstein, de Broglie, Bohr and the others) worry greatly about the meaning of quantum mechanics. Dirac thought that one should not worry very much about that. He thought that the puzzles were associated with the provisional state of the theory, and that looking back from the vantage point of a more developed theory we will regret the time spent trying to interpret an underdeveloped one. He insisted too on beauty in the equations, and on this ground neither the pilot wave picture nor the more elaborate 'double solution', preferred by de Broglie, would have appealed to him. However, in some respects, he is definitely in the de Broglie camp – in his gentle scepticism about 'complementary' and his openness to the idea that clarity and precision might one day prevail in theoretical physics.

Bell conclude la sua riflessione sottolineando l'importanza dell'insegnamento del modello dell'onda pilota:

> Most contemporary theoretical physicists, busy as they are, making important developments in the manner of Dirac, have little time for questions of meaning. If they think of these things at all, they are likely to think of themselves as following Bohr and 'complementarity'. If they have heard of the pilot wave, they are likely to think vaguely that it has somehow, probably by Pauli, been refuted. It has not. And it remains a powerful antidote to the complacent idea that the ambiguity and subjectivity of orthodox quantum mechanics is dictated by experimental facts. I think that all students of quantum mechanics should be exposed to the pilot wave picture, to broaden their minds.

3. Conclusioni

Il confronto tra l'inedito ritrovato e il breve scritto pubblicato nel 1988 in ricordo di de Broglie farebbe supporre che Bell avesse in mente di scrivere un lavoro più elaborato che poi ha dovuto sintetizzare – tenendo probabilmente conto della scadenza dovuta alla commemorazione di de Broglie – in quello pubblicato nella raccolta di scritti in onore del premio Nobel francese.

Tuttavia il ritrovamento del manoscritto tra i documenti inediti di Bell conferma come l'analisi delle questioni che fin da giovane Bell reputava centrali ha continuato ad appassionarlo anche in età più matura e fa supporre che egli abbia conservato tale bozza di lavoro in vista di un'accurata e più elaborata riflessione sull'idea dell'onda pilota, partendo proprio dalla dettagliata ricostruzione storica del dibattito su tale teoria. Purtroppo la sua improvvisa e immatura scomparsa ha posto la parola fine a questo progetto.

Bibliografia

Association F. Gonseth, Institut de la méthode (1973-1984). *Epistemological Letters.*

Bell J.S. (1964). "On the Einstein, Podolsky, Rosen paradox". *Physics*, 1, pp. 195-200.

Bell J.S. (1982). "On the impossible pilot wave". *Foundations of Physics*, 12 (10), pp. 989-999.

Bell J.S. (1988). *Louis de Broglie's guiding wave*, in *Louis de Broglie que nous avons connu*. Paris: Fondation Louis de Broglie, Conservatoire National des Arts et Métiers, p. 27.

Bell J.S. (1987). *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Bohm D. (1952). "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of Hidden Variables". *Physical Review*, 85 (2), pp. 166-179.

Clauser J.F., Horne M.A., Shimony A., Holt R.A. (1969). "Proposed Experiment to Test Local Hidden-Variable Theories". *Physical Review Letters*, 23 (15), pp. 880-884. "*Erratum"* (1970), *Physical Review Letters* 24 (10), p. 549.

D'Espagnat B. (ed.) (1971). *Foundations of Quantum Mechanics, Internazional School of Physics "Enrico Fermi"*, *49th Course* (Villa Monastero, Varenna, 29 June-11 July 1970). New York & London: Academic Press.

Einstein A., Podolsky B., Rosen N. (1935). "Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?". *Physical Review*, 47 (10), pp. 777-780.

George A. (ed.) (1953). *Louis de Broglie, Physicien et Penseur*. Paris: Albin Michel.

Institut international de physique Solvay (ed.) (1928). *Électrons et photons. Rapports et Discussions du Cinquième Conseil de Physique tenu à Bruxelles du 24 au 29 octobre 1927 sous les auspices de l'Institut international de physique Solvay*. Paris: Gauthier-Villars.

Laurora A. (2014). *John Bell e le ricerche sul paradosso di Einstein, Podolsky e Rosen*. (Tesi di Dottorato in Storia della Scienza). Università degli Studi di Bari "Aldo Moro".

Von Neumann J. (1932). *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik.* Berlin: Verlag von Julius Springer.

PHILOSOPHY OF PHYSICS, EPISTEMOLOGY

Kant's philosophy of knowledge and the four models of a scientific theory

Antonino Drago - Università di Pisa - drago@unina.it

Abstract: Along two centuries and half Kant's philosophy of knowledge received radical criticisms. Yet, to many scholars it appears as the less inadequate one to the study of the foundations of present science. These foundations have been recently represented by two dichotomies; according to which Kant's antinomies result a mistake of non-classical logic. The outcomes of the two dichotomies give four models of scientific theory (MSTs). They are compared with Kant's judgements. His philosophy of knowledge results to be i) essentially relying on the Newtonian MST; ii) a very far approximation of the four MSTs; iii) an echo of the novelties in his contemporary theoretical physics (Lagrangian mechanics). The last point is in agreement with Kitcher's recent analysis and gives reason of the persistence of a so controversial philosophy of science.

Keywords: Kant's philosophy of knowledge, Four models of scientific theory, Two basic dichotomies, Antinomies, Judgments.

1. Kant and the present philosophy of knowledge

It is custom to put at the top of the historical development of the philosophy of science Kant's system, because it is credited to have

a. conciliated the two main philosophical currents of the Western philosophy of knowledge – empirism and rationalism;
b. recognised the antinomies as a constraint for the reason looking for the "noumenos";
c. stressed the formal conditions under which a systematic thinking is possible;
d. suggested an interpretative scheme which conclusively interpreted the human knowledge.

However, few decades after its presentation, Kant's philosophy of knowledge (for short, Kpk) was disconfirmed by several new scientific theories; the birth of non-Euclidean geometries denied the *a priori* nature of Kant's transcendental category of space; the birth of thermodynamics denied two more categories, continuous time and causality; at last, the theoretical relevance of both thermodynamics and chemistry denied Kant's appraisal that the (more advanced) scientific theories have to make use of

the (most advanced kinds of) mathematics (infinitesimal analysis). A century after him, a re-birth of logic as mathematical logic disconfirmed Kant's appraisal on Aristotelian logic as the most advanced logic as possible.

Therefore this philosophy received several criticisms stressing that he suggested as basic aspects of human knowledge some inaccurate and misleading notions. As a result, at the present time the various appraisals on Kpk range from the most optimistic ones to the destructive ones. Here is an example of the former ones:

> As far as the recent epistemology is concerned, the critical philosophy [by Kant] constitutes a theory of science that agrees with currents trends; for science must have a base that is empirical though also real. On the other hand the transcendental or a priori is implicated […] (de Vleeschauwer 1993, p. 475).

Some others say "Good-bye Kant".[1] At last: "there is no such thing as the standard interpretation of Kant's transcendental idealism" (Rohlf 2010).

On the other hand, Leibniz's philosophy of knowledge was criticised in a radical way as an essentially metaphysical one and eventually it was dismissed; moreover, Kant's philosophy of knowledge resulted to be more profound than the philosophies of science of the subsequent scholars. Neither a better interpretative scheme of science has been suggested by the recent historians of science, who interpreted modern science through naïve ideas; either a single notion (empirism, induction, causality, determinism, etc.), or two notions (Mach: the economy of thinking; Koyré: geometrization of space), or even six Kuhn's notions (which however are of narrative nature; moreover their accurateness was easily contested) (Mastermann 1970).

This point of advantage justifies the persistence of Kpk notwithstanding it accumulated so much denials by the subsequent development of science together with negative appraisals. After two centuries and a half Kant's basic ideas may stand as the most appropriate ones only *ad excludendum*.

> Despite a fundamental lack of clarity about the epistemic status of the 'critical philosophy' itself and penetrating absolute idealistic, realist and naturalist attacks on it, Kantianism influences almost all contemporary non-positivist philosophy of science as well as formalist and intuitionist philosophies of mathematics (Bhaskar 1981, p. 223).

These facts suggest that it is urgent to put an end to a so long period of uncertain and divergent appraisals on what is currently considered the top of the Western philosophy of knowledge. All in the above shows that a more radical or even drastic viewpoint is needed. By taking advantage from the much more long experience of theoretical science than Kant's one, I obtained a new viewpoint on the foundations of science

[1] This is the title of Ferraris (2013). For a review of past German interpretations of Kpk see Malter (1981). For negative appraisals see (Couturat 1905, pp. 235-238; Quine 1951; Beth 1966, pp. 39-47; Kitcher 1983). Beth (1959, p. ix) declared that his study (for his Ph.D.) of Kant's philosophy of knowledge deceived him. He rather referred the study of the foundations of modern science to Aristotle's model of deductive science. However he considered also it as overcome by the more recent scientific achievements, so that he advocated a radical change in the present viewpoint; but without suggesting a new proposal.

which is in agreement with some basic tenets of Leibniz's system. In the following I will compare it with two crucial issues of Kant's thinking, the antinomies and the judgements. Since it leaves aside much of his ideas the following is more than an interpretation of Kpk, a quick appraisal of some basic Kant's ideas.

2. The substantial inadequacy of Kant's philosophy of science with respect to his contemporary science

Recently, a scholar wrote "Kant's detailed theory of knowledge depends upon a now antiquated commitment to Euclidean Geometry, Newtonian mechanics and Aristotelian logic" (Bhaskar 1981, p. 223). Indeed, Kant pondered upon three scientific theories only: Aristotle's classical logic (by Kant conceived as a completed theory so that in all futures times it will not be changed), the Euclidean geometry (conceived by him as the only possible geometry) and the Newtonian mechanics-astronomy (conceived by him as the unique theoretical physics).[2]

Moreover, a century after the celebrated Leibniz's, Newton's and Euler's contributions to the birth of the infinitesimal analysis, Kant almost ignored its great influence on theoretical science. All modern scholars know that instead this mathematical invention originated in science an ontological metaphysics (in particular Euler's one (plus, in the subsequent centuries, the metaphysical commitment of both Rational Mechanics and Mathematical Physics). Owing to this ignorance, Kant may be considered as the last Greek of modern philosophy of science.

Moreover, Kant ignored all alternatives formulations of mechanics to Newton's.[3] As first, the attempts by Huygens and Leibniz to build a different mechanics; which was then accomplished by L. Carnot during Kant's life (Carnot 1783; Carnot 1803).[4] In addition, he almost ignored the theoretical relevance of the two celebrated foundations by respectively Maupertuis and D'Alembert. He also ignored that in his time the entire mechanics-astronomy was founded anew by Lagrange on the basis of the principle of virtual velocities; this theoretical improvement gave great scientific advancements (for instance, about the interpretation of the solar system). These facts lead to evaluate Kpk as essentially inadequate for a comprehensive interpretation of the varieties of his contemporary physical theories.

More in general, let us recall that in his time Paris collected half of all great scientists, that in a great number assumed high political responsibilities during the revolution; moreover, the French science (chemistry as first) played a revolutionary role in the society. Yet, Kant ignored the social role of science (Ben-David 1971; Gillispie 1959). He appears as a conservative aristocrat whose thinking relied on the Newtonian paradigm so that he rejected his contemporary French science.

---

[2] Recall that at that time Newton's mechanics had included geometrical optics by conceiving a light beam as the trajectory of a massive particle.

[3] It is striking the great resemblance of Kant's definition of his absolute space with Newton's one. See the quotation in (Brunschvicg 1929, pp. 263-265).

[4] For a short presentation, see Drago (2004).

3. Kant's fallacy about the four antinomies

Kant suggested that in the human reason there exist some dichotomic oppositions which can be conciliated by neither the empiricists nor the rationalists; whatever intellectual path aiming to know the reality the human reason is pursuing, these dichotomic oppositions impede to achieve the "noumenos"; they are therefore declared antinomies.[5]

Kant's limitations to human reason played a very important role in stopping the pretension of some scientists, e.g. Euler,[6] who, by having built a marvellous scientific theory – as the new theoretical physics appeared at that time –, claimed that it was necessary to substitute for the old metaphysics a mechanics metaphysics.

To my knowledge, neither Kant nor anyone after him recalled that these dichotomic oppositions reiterate the two labyrinths that Leibniz saw in the human reason.[7] Truly, Kant criticised (Wolff's version of) Leibniz's philosophy of knowledge; but he declared that in 1768 the reading of Leibniz's Essays greatly impressed him (Kant 1798). It is likely that this reading originated "the great light" he received in 1769. Leibniz's two labyrinths of the human reason may have suggest to him similar basic categories.

In fact, Kant's four "antinomies" result from an application of the labyrinths. The two alternatives of each labyrinth are applied to specific notions of the metaphysical debate (space, time, infinity, subdivision) and presented as the thesis and the antithesis of a same subject. For both he suggested *ad absurdum* proofs. By comparing the two conclusions he stressed that one is the negation of the other one; hence, he declared them in contradiction.

Yet, the conclusion of each *ad absurdum* proof is no more than a doubly negated proposition. Only classical logic allows to derive from it the corresponding affirmative proposition. For instance the temporal antinomy gives the two conclusions:

1. It is *impossible* for an infinite world-series to have *passed away*;
2. *No* coming to be of a thing is possible in an *empty* time.

---

[5] (Kant 1781). This claim was not a novelty; promptly Schopenhauer stressed that the inadequacy of the reason to the real world had already been suggested by Maupertuis and others (Cassirer 1906-1907, vol. II, book VII, chapter IV). In particular, Cusanus (Cassirer 1983, chapter 1) stressed that whereas the finite realm appears more easy to be grasped – owing to the several ways of (perceiving and) measuring it –, the infinite realm appears difficult to be understood, since our method to apperceive it is uncertain and disputable; but also all measurements on the finite realm are no more than approximate evaluations of reality; even less they can lead to a complete, objective knowledge of it. Hence, provided that a new method for merely approaching the infinity is established, no qualitative difference exists between the approximate knowledge of the finite realm and that of the infinite beings.

[6] See for instance, Euler's quotation in Cassirer (Cassirer 1906-1907, vol. II, book VII, chapter IV) and also the remarks by Brunschvicg (1929, pp. 275-276).

[7] He wrote: "two famous labyrinths where our reason very often goes astray." (Leibniz 1875-1890, vol. VI, p. 29). Certainly, Leibniz's vision of science was very profound: he was the last philosopher to be fully aware of the whole science of his time, since he gave a great contribution to all "hard" sciences; he founded (the beginnings of) the mathematical logic, the infinitesimal analysis, a new geometry (*analysis situs*) and (the beginnings of) a formulation of mechanics which is alternative to Newton's (Drago 2003).

In fact, Kant ignored any alternative to classical logic.[8] Being the operation of negation of the non-classical logic weaker than the classical negation, the conclusive predicates of the two proofs do not constitute a contradiction.[9] As a consequence, no antinomies result.

4. Interpretation of the origin of the two basic Kant's distinctions

Notwithstanding his "great destruction" operated by means of the antinomies, Kant had to suggest an interpretation of the current human capability to produce knowledge through e.g. science.

However, he "was enormously impressed by the discovery of these contradictions" (Kant 1798).[10] What did see Kant in these antinomies?

In fact, Kant's suggestions can be traced back to these fourfold structure of his antinomies and at last to the structure of the two dichotomic labyrinths, each allowing two outcomes. In fact he suggested several fourfold categories for interpreting various situations; e.g. the four categories in logic, the four categories of the human thinking, the four principles of phoronomy, dynamics, mechanics and phenomenology, etc.

Two centuries and half after Kant, a study of past scientific theories suggested a scheme of four models of scientific theory (MSTs) fashioned by the choices on two fundamental dichotomies, i.e. either the actual infinity (AI) or the potential infinity (PI), and either the Aristotelian deductive organization (AO), or the problem-based organization (PO. They substantially agree with Leibniz's two labyrinths.[11]

Did Kant anticipate by means of his own categories a similar structure? Unfortunately, all his fourfold scheme are almost disconnected;[12] moreover, no one of them perfectly agrees with the four MSTs, those for physical science too.

It is rather noteworthy that he interpreted the judgements given by the human reason by means of two independent distinctions, i.e. synthetic/analytic and *a priori*/empiric (or *a posteriori*). Are these distinctions similar to the two dichotomies originating the four MSTs?

---

[8] Actually, he knew badly also the latter one (Kneale, Kneale 1962, V, 4). A drastic appraisal ("terrifying narrow-minded and mathematically trivial") is in (Hanna 2014, sect. 2. 1**).** Although no one empiricist remarked this point, in empiricism the (inductive) non-classical logic holds true; indeed, it is easy to recognise that it is possible to re-construct the main representative book of the empiricism (Hume 1748) according to the characteristic way of non-classical arguing of a scientific theory. This point is illustrated by (Drago 2012).

[9] This is the same conclusion obtained by Wundt (quoted by Couturat (1905, p. 301); and maintained by e.g. Enriques (1983, p. 77) from a different criticism; the three notions of finite, potential infinite, actual infinity have been at some extent interchanged by Kant.

[10] See also (Brunschvicg 1929, p. 274).

[11] About my conception of the foundations of science and its relation with Leibniz's system see for instance (Drago 1990, Drago 2013).

[12] A detailed criticism to Kant's classification of the four judgements is in (Kneeled, Kneeled 1962, V, 4).

According to Kant the word "analytic" means (see the following table) a purely tautological proposition; whereas Kant's definition for "synthetic" clearly refers to a proposition not obtained from a deductive theory.

However, commentators agree that these distinctions have been not clearly defined by Kant. First of all, he presupposed that every proposition is composed by a subject and a predicate. Instead, this supposition fails, for instance, when the subject is absurd or not existent; as a consequence, in theoretical physics the highly relevant principle of the impossibility of a perpetual motion is not a Kant's judgement. Also the mutual independence of Kant's definitions of the two distinctions is questioned, since in some sense they mutually overlap.[13] Hence, many kinds of correspondences between them and the two dichotomies are possible. Let us consider the correspondence that I consider as the most likelihood.

By taking seriously the two above Kant's distinctions, one has to expect that *four* cases will result. Instead, Kant considered *three* kinds of judgement only. He attributed the "synthetic a posteriori" judgement to the empiricism, considered by him as capable to produce knowledge at no more level than that of an art (as he stated chemistry's is).[14] The "analytic a priori" judgement was attributed by him to the metaphysicians. He then tried to conciliate these two philosophical currents by inventing a new judgement, i.e. the *synthetic a priori*. The fourth case, the *analytic a posteriori*, was discarded.

5. Interpreting Kant's judgements by means of the two basic dichotomies

Let us compare Kant's kinds of judgements with the four MSTs. Apparently his three-fold scheme cannot agree with the four MSTs. Instead it is possible to give reason for this difference.

Let us relate the distinction "analytic/synthetic" to the characteristic features of the propositions one meets in the two different kind of the organization of a theory, respectively AO and PO. Although the former distinction was mainly philosophical in nature, whereas the latter dichotomy is structural in nature, their main features are *grosso modo* in mutual agreement.

Moreover, the *a priori* may be put in correspondence with the great influence exerted on the entire science of his times by the infinitesimal analysis, since its basic notion, the infinitesimal, by representing directly AI, did not have a clear explanation and hence it has to be assumed as an at all a priori notion. In fact, till up to the end of the 19th Century several scientists intended this kind of mathematics as representing the best *a priori* instrument. On the other hand, they intended the words *a posteriori* [proved] as representing the opposite meaning, i.e. the operative way of making use of tools bounded to PI only; e.g. in Euclidean geometry the ruler and compass. I conclude

[13] See for instance, (Couturat 1905, p. 266, fn. 1; Quine 1950; Trudeau 1987, pp. 108-109; Kneale, Kneale 1962, V, sect.4; Walsh 1967, p. 309).

[14] For a long time a similar appraisal – to be a "phenomenological" science, or, as Kuhn stressed, a "Baconian" science, i.e. as essentially impeded to achieve a theoretical system – charged some theories, for ex. thermodynamics.

that Kant's distinction corresponds to the dichotomy on the kind of mathematics which was usual among his contemporary scientists, i.e. either the AI mathematics or the PI mathematics.

In the following table both Kant's four fundamental elements of the two distinctions and my interpretation of them through the two dichotomies are compared. For corroborating this interpretation, I add Leibniz's two labyrinths of the human reason.

Kant's two distinctions	**Two basic dichotomies' interpretation**	**Leibniz's two labyrinths**
Analytic: "[…] nothing is added by the predicate to the concept of the subject"	Belonging to a theory founded on axioms (AO)	Law
Synthetic: "[…] adds to the concept of the subject a predicate not conceived as existing within it, and not extracting from it by any process of mere analysis"	Belonging to a theory based on empirical data, from which the theory induces a method for solving a basic problem (PO)	Freedom
A priori: is "[...] independent of experience and even of all impressions of the senses"	Related to the infinitesimal analysis (AI)	Actual infinity
Empirical: "has its sources in the experience" (also "a posteriori")	Related to the operative method of ruler and compass; more in general, related to constructive mathematics (PI)[15]	Potential infinity

Tab. 1. Kant's categories for the judgements, the two basic dichotomies and Leibniz's two labyrinths

6. Interpretation of Kant's judgements by means of the representative principles of the MSTs

In order to compare more accurately Kant's judgements with MSTs I characterize a MST also by the first principle shared by all theories pertaining to it. Previous papers illustrated them: Principle of causality for the Newtonian MST, Principle of an extremant for the Lagrangian MST, Principle of existence of a mathematical being for the Cartesian MST, Principle of limitation for the Carnotian MST (Drago 2011b; Drago in press).

The analytic *a priori* judgement fits the principle of causality (as well as the metaphysical basic notions and principles of Newton's mechanics) of the Newtonian MST.[16] The synthetic a posteriori judgement corresponds to those propositions which are obtained by the empirical scientists when they are seen as incapable to achieve the theoretical heights of a scientific theory and even less the metaphysical heights of philosophy (Let us recall that for Kant the impossibility of a perpetual motion of the

[15] "Empirical" is the word employed also by both D'Alembert (1770-1775, p. 510) and Carnot (1803, Preface).

[16] See for ex. the analysis of the first principle by Hanson (1965) and also (Drago, Manno 1989; Drago1991).

Carnotian MST is not a judgement). This Kant's attitude corresponds to the long scientific tradition to see any limitation to the scientific research as an insurmountable bound for an arguing at the theoretical level.

Kant's "invention" of the synthetic *a priori* judgement corresponds to the formulations of theoretical physics each relying on an a priori extremant principle (AI) as applied to an operative, empirical framework (PO); i.e. Maupertuis' formulation based on the least action and Lagrange's formulation of the extremant of a particular form of the action. This relationship is in agreement with a recent interpretation of Kant's philosophy of the knowledge by the authoritative scholar Kitcher, who considered this philosophy as essentially a PO theory.[17] Hence, Kant's invention deserves the merit to have echoed inside the philosophy of knowledge the most impressive advancements of the "hard" science of his time.[18]

Kant's judgements	**Analytic *a priori* (Metaphysics)**	**Synthetic *a priori* (Kant's invention)**	**Analytic *a posteriori* (Lacking in Kant)**	**Synthetic *a posteriori* (Empirism)**
Four first principles in Theoretical Physics	Cause-force Principle F=ma Principle of causality	Extremants, Principle of least action, of least squares, etc. Principle of an extremant	Huygens' principle Principle of existence of a mathematical being	Impossibility of a perpetual motion, Principle of virtual velocities Principle of limitation
Two options and MSTs	AO&AI Newtonian MST	PO&AI Lagrangian MST	AO&PI Cartesian MST	PO&PI Carnotian MST

Tab. 2. Kant's basic notions, the two options, the MSTs and the first principles of physical theories

In correspondence to the first principle of the existence of a mathematical being there is no Kant's judgement. This fact is explained by three reasons. The representative physical theory of this MST, geometrical optics, was founded by Huygens on the

[17] (Kitcher 1983), in particular pp. 402-405 characterising the PO feature of Kant's theory.

[18] According to both Poincaré (1887) and the four MSTs (Drago 1999; Drago 2011a) there exist four main geometries. By comparing Kant's categories to this best instance of a structure variety in mathematics. One has to attribute the analytic a priori to the Euclidean geometry, owing to its metaphysical tradition of absolute certainty (and also the idealistic definitions of its basic notions); in opposition, the synthetic *a posteriori* has to be attributed to the hyperbolic geometry, that Lobachevsky built on merely empirical notions (Lobachevsky 1835-1838; Lobachevsky 1840); Kant's invention of the synthetic *a priori* judgement corresponds to Minkowsky geometry, since it is based on the velocity *c* considered as an extremant (also in comparison with the other geometries Minkowsky geometry – again the most advanced among the four issues – since it is based on the light speed as an asymptotic bound). The missed judgement – the analytic a posteriori – corresponds to the elliptic geometry. Although it was discovered in 1734 by the empiricist philosopher T. Reid, it has been ignored by the idealist Kant, and also by the mathematicians along a century and half.

principle of a wave as resulting from a mathematical operation of convolution of the wavelets. But at Kant's time it was at all dismissed since the prevailing foundation was Descartes's, whose basic notion was a light beam which is at all independent from the time, instead time in Kant's system plays the role of an a priori transcendental category of our knowledge. Moreover, at Kant's time geometrical optics was included as a particular case of Newton's mechanics.[19]

In sum, Kant's three kinds of judgements, although inadequate to represent theoretical physics since they missed the Cartesian MST and depreciated the Carnotian MST, implicitly gave philosophical relevance to the Lagrangian model (e.g. Lagrangian Mechanics). No surprise if subsequent philosophers, by suitably enlarging Kant's ideas and by means of analogical arguments resulted not inadequate with respect to the cultural matrix of the new theoretical advancements in science, which in general are obtained as mathematical development of Lagrangian functions.

Bibliography

Ben-David J. (1971). *The Scientist's role in Society.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Beth W.E. (1959). *The Foundations of Mathematic*s. A study in the philosophy of science. Amsterdam: North-Holland.

Beth W.E. (1966). *The Foundations of Mathematics A study in the philosophy of science.* Revised edition. New York: Harper and Row.

Bhaskar, R. (1981). *Kant's philosophy of science*", in Bynum W.F., Brone E.J., Porter R. (eds.), *Dictionary of the History of Science*. London: Macmillan, p. 223.

Brunschvicg, L. (1929). *Les Étapes de la Philosophie Mathématique*. 3e édition. Paris: Alcan.

Carnot L. (1783). *Essai sur le Machines en Général*. Dijon: Defay.

Carnot L. (1803). *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement*. Paris: Deterville.

Cassirer E. (1906-1907). *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der Neueren Zeit*. Berlin: Bruno Cassirer. Erster Band, Zweiter Band.

Cassirer E. (1963). *The Individual and the Cosmos in Renaissance Philosophy*. Chicago: Chicago University Press.

Couturat L. (1905). *La Philosophie des Mathématiques de Kant*, in Couturat L., *La Philosophie des Mathématiques, avec une appendice sur La Philosophie des Mathématiques de Kant.* Paris: Alcan, pp. 235-308.

D'Alembert J. (1770-1775). *Elemens*, in D'Alembert J., Diderot D. (eds.), *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*. Livourne: Imprimerie des Éditeurs, Tome Vème, p. 504.

[19] A correspondence with Aristotle's four kinds of causes, suggests that Kant "invented" the efficient cause in a time when in the social life the leading notion of historical progress prevailed on the leading notion of tradition; and he missed the final cause, of course because this notion was inconceivable in Kant's metaphysical terms.

de Vleeschauwer H.J. (1998). *Kant and Kantianism*, in Goetz P.W. (ed.), *The New Encyclopaedia Britannica. Macropaedia*, Chicago: Encyclopaedia Britannica, 15th edition, vol. 22, pp. 469-477.

Drago. A. (1990). "I quattro modelli della realtà fisica". *Epistemologia*, 13, pp. 303-324.

Drago A. (1991). "Storia critica dei principi della dinamica classica". *Bollettino della Società dei Naturalisti in Napoli*, 100, pp. 117-135.

Drago A. (1999). *Minkowsky, Poincaré, Lobacevskij. La via geometrica alla relatività ristretta*, in Tucci P. (a cura di), *Atti del XVIII Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia* (Centro Volta, Villa Olmo, Como, 15-16 maggio 1998). Milano: Università degli studi di Milano, Istituto di fisica generale applicata, Sezione di storia della fisica, pp. 151-170.

Drago A. (2003). *La riforma della meccanica secondo Leibniz. Testi originali e loro interpretazione moderna*. Benevento: Hevelius.

Drago A. (2004). "A new appraisal of old formulations of mechanics". *American Journal of Physics*, 72 (3), pp. 407-409.

Drago A. (2011a). "The birth of the non-Euclidean geometries as the more significant crisis in the foundations of modern Mathematics". *Logic and Philosophy of Science*, IX (1), pp. 103-110.

Drago A. (2011b). *I quattro modelli della teoria meccanica*, in Giannetto E., Giannini G., Toscano M. (a cura di), *Intorno a Galileo: La storia della fisica e il punto di svolta Galileiano* (*Atti del XXVIII Convegno Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia, Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia S.I.S.F.A.*, Bergamo, 25-28 giugno 2008). Rimini: Guaraldi, pp. 191-199.

Drago A. (2012). *Pluralism in Logic: The Square of Opposition, Leibniz' Principle of Sufficient Reason and Markov's principle*, in J.-Y. Béziau and D. Jacquette (eds.), *Around and Beyond the Square of Opposition*, Basel: Birkhaueser, pp. 175-189.

Drago A. (2013). *The Relationship Between Physics and Mathematics in the 19th Century: The Disregarded Birth of a Foundational Pluralism*, in Barbin E., Pisano R. (eds.), *The Dialectic Relations Between Physics and Mathematics in the 19th Century*. Berlin: Springer, pp. 159-179.

Drago A. (in press), *I quattro principi della fisica teorica e i loro ruoli nella storia*, in *Atti del XXXI Convegno Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia, Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia (S.I.S.F.A.)*, (Pavia, 6-8 settembre 2011).

Drago A., Manno S.D. (1989). "Le ipotesi fondamentali della meccanica secondo Lazare Carnot". *Epistemologia*, 12, pp. 305-330.

Enriques F. (1983). *La teoria della conoscenza scientifica da Kant ai nostri giorni*, Bologna: Zanichelli.

Ferraris M. (2013). *Goodbye, Kant! What still stands of the critique of pure reason*. New York: SUNY Press.

Gillispie C.C. (1969). *The Encyclopédie and the Jacobin Philosophy of Science*, in Clagett, M. (ed.), *Critical Problem in History of Science*. Madison: University of Wisconsin Press, pp. 255-290.

Hanna R. (2014). *Kant's Theory of Judgment*, in Zalta E.N. (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online] URL:

<http://plato.stanford.edu/archives/sum2014/entries/kant-judgment/> [access date: 22/09/2016].

Hanson, R.N. (1965). *Newton's first Law. A Philosopher's door into Natural Philosophy*, in Colodny R.G. (ed.), *Beyond the edge of certainty: Essays in Contemporary Science and Philosophy*, Englewood Cliffs N.J.: Prentice Hall, pp. 6-28.

Hume D. (1748). *An Enquiry concerning Human Understanding*. London: A. Millar.

Kant I. (1781). *Kritik der Reinen Vernunft*. Riga: J.F. Hartknoch.

Kant I. (1798). Letter of I. Kant to C. Garve, Königsberg 21 September 1798, in Zweig A. (ed.) (1967), *Kant Philosophical Correspondence 1759-1799*. Chicago: University of Chicago Press, pp. 250-252; original letter in Preussischen Akademie der Wissenschaften (1902). *Kant's gesammelte Schriften*. Berlin-Leipizig: W. de Gruyter, Band 12, n. 781, pp. 254-255.

Kitcher. P. (1983). "Kant's philosophy of science". *Midwest Studies in Philosophy*, 8 (1), pp. 387-407.

Kneale W.C., Kneale M. (1962). *The Development of Logic*. Oxford: Clarendon Press.

Leibniz G.W., Gerhardt C.I. (ed.) (1875-90). *Die philosophischen Schriften*. Berlin, 7 Bände, Reprint, Hildesheim: Georg Olms, 1965.

Lobachevsky, N.I. (1835-38). "New Foundations of Geometry with a Complete Theory of Parallels". Kazan: Kazan University Press. [Original Russian articles published in *Uchenye Zapiski Kazanskogo Imperatorskogo Universiteta*, (1835) n.3, pp .3-48; (1836) n. 2, pp. 3-98, n. 3, pp. 3-50; (1837) n. 1, pp. 3-97; (1838) n. 1, pp. 3-124, n. 3, pp. 3-65.

Lobachevsky N.I. (1840). *Geometrische Untersuchungen zur Theorie der Parallellinien*. Berlin: G. Fincke.

Malter R. (1981). "Main currents in the German interpretation of the *Critique of Pure Reason* since the beginnings of Neo-Kantianism". *Journal of the History of Ideas*, 42, pp. 531-551.

Masterman M. (1970). *The Nature of a Paradigm*, in Lakatos I., Musgrave A. (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 59- 89.

Poincaré H. (1887). "Sur les Hypothèses Fondamentales de la Géométrie". *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 15, pp. 203-216; reprinted in *Oeuvres IX* (1956). Paris: Gauthier-Villars, pp. 79-91.

Quine W.V. (1950). *Methods of Logic*. New York: Holt.

Quine W.V. (1951). "Main Trends in Recent Philosophy. Two Dogmas of Empiricism". *The Philosophical Review*, 60 (1), pp. 20-43.

Rohlf M. (2010). *Immanuel Kant*, in Zalta E.N. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online] URL: <http://plato.stanford.edu/entries/kant/> [access date: 22/09/2016].

Tiles M. (2004). *Kant: from General to Transcendental Logic*, in Gabbay D.M. , Woods J. (eds.), *The Rise of Modern Logic. From Leibniz to Frege. Handbook of History of Logic Volume 3*. Amsterdam: Elsevier North Holland, pp. 85-130.

Trudeau, R.J. (1987). *The Non-Euclidean Revolution*. Basel: Birkhaueser.

Walsh W.H. (1967). *Kant, Immanuel*, in Edwards P. (ed.), *Encyclopedia of Philosophy*, 8 vols. London: MacMillan, vol. 4, pp. 305-324.

The kinetic theory of gases was unwarily derived from Huygens-Leibniz-Carnot's formulation of mechanics

Antonino Drago - Università di Pisa - drago@unina.it

Abstract: The historical development of the kinetic theory of gases will be examined under the light of an alternative in its basic theory of mechanics, i.e. either Newton's formulation – built on hard bodies located in fixed point and mutually interacting through continuous forces –, or Huygens-Leibniz-L. Carnot's one – built on moving elastic bodies, subjected to the principle of virtual velocities. The latter one was misunderstood along two centuries and re-discovered some decades ago. It will be proved that the historical process of the birth of the kinetic theory of gases was highly influenced by the theoretical conflict between the two formulations. Eventually, the latter formulation resulted to be the suitable one for building the kinetic theory of gases. The celebrated Brush's account of this history will result to be biased in order to attribute to only Newton's formulation the foundational origin of the new theory, so much to cancel any theoretical divergence.

Keywords: Kinetic theory of gases, Alternative formulation of mechanics, Incommensurability.

1. Introduction

Previous papers presented a quick analysis of this theoretical divergence through the basic notions pertaining to each of the two formulations of mechanics (Drago, Saiello 1995a; Drago, Saiello 1995b). Indeed, KTG (Kinetic Theory of Gases) does not deal with Newton's basic notions, i.e. force, accelerations or trajectories; moreover, its space is not absolute but no more than the volume of a container and the time is not absolute but a merely discrete variable with two-values only, i.e. before and after. As a trivial consequence, the mathematical tools which are usual in Newton's mechanics - the differential equations on the two continuous variables space and time –, here are lacking. Rather, the basic variables are the velocity, the momentum and the energy, just the fundamental variables of Huygens-Leibniz-L. Carnot's (henceforth HLC) formulation. Consequently, only the HLC formulation offers the appropriate conceptual base for KTG.

Here, this first suggestion will be elaborated by means of an analysis of both the formal and historical developments of the KTG. To this aim the attention will be addressed to the few papers which determined its birth. As first, Boyle's paper (Boyle 1660), although it is a merely verbal one. Then Newton's one (Newton 1687), although it is linked to an incorrect conception of a gas; Herapath's three papers (Herapath 1821, 1836 and 1847) are too cumbersome and involved with respect to the achievements they

suggest, they can be dismissed without loss of generality. Only the papers by Daniel Bernoulli (1738), Clausius (1857, 1858, 1870), Maxwell (1860) deserve an accurate inspection.

In the next section I will quickly present the basic issues of both the Newton's mechanics and the alternative formulation, i.e. the HLC's. In sections 3-6 I will examine the more relevant papers of the KTG. In the final section it will be remarked that the resulting account relies on both the notions of incommensurability of the two formulations and their radical variations in the meanings of the common basic notions. This account is very different from the received one, in particular Brush's, which is biased by a pro-Newton attitude, so much to obscure the great theoretical distance between Newton's mechanics from the KTG and thus to cancel the divergence.

2. Newton's formulation and Huygens-Leibniz-Carnot's formulation

Newton based his formulation of mechanics on the continuous variables – mainly, space time and forces – , all conceived as idealistic notions (absolute space, absolute time, force-cause). It is rightly remembered that the law $f=ma$ never was written by Newton; it was stated the first time in Euler's writings. The same holds true for the systematic application of the differential equations to physics. However, Newton implicitly applied both this law and such kind of equations to several cases. This fact linked Newton's physics to a mathematics relying on the actual infinity (AI) of the infinitesimals. Moreover, he organised the theory as a whole in a deductive way from three axioms-principles only (AO); from which, once they are translated in differential equations of the infinitesimal analysis, the wanted laws of the phenomena at issue are derived. Let us recall that Newton's mechanics dominated the entire theoretical physics along two centuries and more.

HLC formulation is quickly presented. Leibniz's program for building a theoretical mechanics avoided force-causes, because "it is necessary to explain facts by means of facts". He puts as basic features of his theory the contingent propositions (and implicitly, non-classical logic), the principle of sufficient reason, the impossibility of perpetual motion.

First Huygens suggested the laws of the impact of elastic bodies; however, then Leibniz wrote them at best in an unpublished manuscript which is surprisingly modern; it verbally states several results concerning the various kinds of conservation (even the :conservation of energy in general).[1]

1. Principle of the relativity of motion: $x-y = -(x'-y')$;
2. Conservation of the total momentum: $mx+My = mx' + My'$;

[1] This point was first recognized by Dugas (1950, pp. 460-520), Leibniz (1698), Costabel (1960), Drago (2001), Drago (2003, pp. 122-131). A detailed illustration of the historical relevance of notions of HLC is given by the book by Scott (1970).

3. Conservation of kinetic energy: $mx^2+My^2 = mx'^2 + My'^2$. where m and M are the masses of respectively the two bodies, v and V the velocities and v' and V' the same magnitudes after the impact. This phenomenon is considered by Leibniz as the basic one for explaining any other mechanical phenomenon.

Huygens-Leibniz's laws lacked of the notion of potential energy, the conservation of the momentum-of-momentum, the treatment of the impact of inelastic bodies and a comprehensive principle regulating a general theory of all mechanical phenomena, the representation of a continuous phenomenon as the limit of a series of discrete phenomena.

Daniel Bernoulli stated the principle of virtual velocities in the year after Leibniz's death. Almost seven decades after, Lazare Carnot accomplished this program (Carnot 1783; Carnot 1803). At his time Carnot's formulation of mechanics was well-known; but afterwards, owing to its focus on mechanical machines it was recognised as no more than the beginnings of technical physics. It was re-evaluated fifty years ago (Gillispie 1971; Scott 1970; Grattan-Guinness 1990, 2, §5.2.6; Drago 2004; Bellini *et al.* 2007); first of all it was remarked that L. Carnot intended for "machines" all kinds of communication of motions; hence his formulation of mechanics enjoys the widest theoretical generality.

His theory of mechanics is based on the relativity of motion, the impact of elastic bodies, action-reaction and a generalisation of the principle of virtual velocities[2] (unfortunately presented by L. Carnot after his 2nd equation which was obscurely justified). From it, by dismissing any idea of causality, both the impact of all kinds of bodies and the invariants of motion, i.e., momentum, m.-of-m., and energy, are drawn through merely algebraic-trigonometric techniques applied to a relational space and a time of the kind before-after.

3. The relevance of this alternative formulation for the KTG

The differences between the two formulations of mechanics concern the history of the KTG inasmuch as at the conceptual level their basic notions present the following dichotomies:

- in mathematical terms: continuous scheme of description/ discrete scheme;
- in material terms: fluid/atoms.

If the atoms are chosen, one more dichotomy appears:

[2] Lagrange' mechanics too derives from the principle of virtual velocities, but it argues in a different way than Carnot's and moreover it makes use of AI in mathematics. (Capecchi, Drago 2005; Drago 2008). More in general, all theories which are derived from the principle of the virtual works – as L. Carnot's mechanics is – do not consider causality.

- fixed atoms/colliding atoms.

The latter case gives one more dichotomy, since the ideal model of the body impact may be:

- hard body/elastic body.

Notice that *only in the last case the conservation of energy* and, more in general, the principle of virtual velocities *hold true*.

About the first two dichotomies, Newton's mechanics, or, better, the Newton-Euler's mechanics, chose the former alternatives; whereas the HLC formulation chose the latter alternatives. In addition, Newton considered not only a continuous scheme but also atoms; which however were considered hard and fixed.

Notice that the elementary level of the mathematics qualifies L. Carnot's theory as making use of the potential infinity only (PI). Moreover, he lucidly suggested that there exist two alternative organization of mechanics, i.e. the "empirical" one (I mean: one based on a problem, OP) and the "rational" (i.e. the deductive one, OA) (Carnot 1783, pp. 101-103; Carnot 1803, p. xiii). Its divergence from Newton's formulation thus is traced back to their respective two choices on these two basic dichotomies concerning respectively the organisation of the theory and the mathematics. Resulting both choices at variance, these two theories correspond to two incommensurable models of a scientific theory.

But by taking in account L. Carnot's formulation, the history of mechanics results to be – contrarily to a deeply rooted and widespread prejudice for a unclear development of a unique paradigm –, a development of an essentially pluralistic kind, characterised by two different lines of development, i.e. the dominant one of the Newtonian paradigm (AO and IA) (Drago 1988; Drago 1996; Drago 2001) and the minority one of L. Carnot's theory (PO and PI).[3]

4. D. Bernoulli's hypothesis of the impacts of elastic molecules: some results on gases

Let us now consider the history of the birth of the KTG in this new historical framework. In 1660 R. Boyle stated a first quantitative result of KTG, although in merely verbal terms (Boyle 1660). His work was summarised by Brush through the following words:

> A qualitative atomic theory of the 'spring' of air – i.e. the property of resisting compression by exerting pressure on a surface in contact with it – is proposed […] Each [gaseous] body is like a little spring, which is bent or rolled up, but also try to stretch itself out again. This tendency to expand is characteristic not only of air that has been compressed, but also of the ordinary air in the atmosphere, which has to

[3] Already some scholars suggested a similar dichotomic development in the history of mechanics (Brown 1965; Dugas 1950, Livre III; Brunschvicg 1949, Livre XIII).

> support the weight of a column of air of many miles in height above it. In support of this theory, the experiment of Pascal is mentioned [by Boyle] […] (Brush 1965, p. 43).

Subsequently, Newton wanted to build a new theory on Boyle's results according to his universal program of research; which planned

> from the phenomena of motion to investigate the forces of nature and from these forces to demonstrate the other phenomena […] for I am induced by many reasons to suspect that they [the natural phenomena] may all depend upon certain forces by which the particles of bodies, by some causes hitherto unknown, are either mutually impelled towards one another, and cohere in regular figures, or are repelled and recede from one another (Newton 1687, Preface).

In Prop. XXIII Th. XVIII of *Principia* he obtained Boyle's law by conceiving the gas as "a fluid composed of particles fleeing from each other", owing to the actions of forces that are "inversely proportional to the distances of the centres". Hence, he interpreted Boyle's idea of the "spring" of air in terms of external forces acting on the particles; which are fixed on their locations in the space and are perfectly hard bodies – so that e.g. they do not bounce.

By equating the speed of sound in the air to the square root of the derivative of the density on pressure, he obtained (in the isothermal hypothesis) an approximated value of this velocity. But, owing to his model of the perfectly hard body, he unrecognised the law of energy conservation. Of course, these Newton's hypotheses could not give reason of the several phenomena pertaining to the KTG.

As a Leibniz's follower, Daniel Bernoulli applied to a gas confined in a vessel Leibniz's ideas, which are the same of the modern ones; i.e., a gas is composed by innumerable particles which mutually interact through elastic collisions (Bernoulli 1738). He argued in mathematical terms through the two notions, the weight of the particles and their collective impacts on a piston (Brush 1965, p. 61). No calculations of the conserved quantities have been performed, although they were implicitly assumed. Brush summarised his work by the following words:

> Daniel Bernoulli introduced a gas model in which an indefinitely large number of similar [elastic] particles of diameter d and speed v move in a closed container of volume V supporting a piston with pressure P by their impacts. The average distance between particles is D. The temperature T is a function of v. He showed that
>
> 1. for variations of P and V at constant T, Boyle's law PV = constant holds in the limit $d/D \rightarrow 0$;
> 2. corrections to Boyle's law can be estimated for finite d/D, and might be checked against experimental data at high pressures if such were available;
> 3. if the speed of the particles is varied at constant volume, the pressure is proportional to v^2;
> 4. it is possible to define a temperature scale by using the equation $PV = CT$, where C = constant. In that case T would be proportional to v^2 (Brush 1983, p. 30).

In the previous page of Brush's book one more result Bernoulli's is recalled, i.e. the interpretation of Gay-Lussac's law.

It is manifest that the birth of KTG cannot be attributed to Boyle, who offered a mere hint, and Newton either, since he obtained few results from a patently wrong viewpoint; but rather to Daniel Bernoulli, who stated from correct hypotheses very important results linking microscopic world with the macroscopic one. But his paper was ignored and then re-discovered not before a century.

5. The introduction of both energy conservation and probability (Clausius' and Maxwell's papers)

In 1845 a paper by Waterstone revived the model of an elastic gas. But was rejected by the Royal Society with the appraisal "Nothing but nonsense". It stood unpublished along fifty years. Eventually the chemist Kroenig wrote a paper in the year 1856, i.e. some years after the birth of the first principle of thermodynamics which opposed the model of hard bodies, unable to give reason of it. Kroenig

> deduced the ideal-gas law from the simplest assumption of perfectly elastic spheres moving parallel three perpendicular axes with a common velocity. [… It] gave a rather elementary discussion of the molecular velocities and specific heats of gases but did not make any calculations or comparisons with experiment (Brush 1965, p. 23).

Just after 1857, Clausius wrote a paper where he conceived a gas as innumerable molecules mutually interacting through essentially elastic collisions. Instead of considering – as usual before him – the internal interactions only, he added the interactions with the vessel. He argued in terms of the "force" on the piston; however this notion is correctly defined as the result of the innumerable weak impacts of the molecules (Brush 1965, pp. 128-9). Brush summarised as follows the several important results obtained by Clausius:

> By considering collisions of molecules of mass m against the wall of a container of volume v, assuming that all n molecules move with velocity u, Clausius shows that the pressure of the gas is equal to ($mnu^2/3v$). The absolute temperature is proportional to ($\frac{1}{2}nmu^2$). The actual [mean] velocities of gas molecules can be calculated in this way; for example, at the temperature of melting ice, the velocity of an oxygen molecule is, on the average, 461 metres per second.
> The ratio of the *vis viva* of translatory motion to the total *vis viva* is found to be equal to $3\ (\gamma'-\gamma)/2\gamma$, where γ is the specific heat of the gas at constant volume (for unit volume) and γ' is specific heat at constant pressure. For air, $\gamma/\gamma' = 1.421$, and hence this ratio is 0.6315 (Brush 1965, pp. 111-112).

Notwithstanding these great improvements in conceiving ever more features of molecules, the Newtonian idea of the hard body persisted in Clausius' mind; so that he tried to conciliate the two notions through the last advancements of the chemical theory

– i.e. the distinction between atom and molecule –; so to conceive a body which at the same time is a "rigid", i.e. hard,[4] body and an elastic body:

> I am also of opinion that vibrations take place within the several masses in a state of progressive motion. Such vibrations are conceivable in several ways. Even if we limit ourselves to the consideration of the atomic masses solely, and regard these as absolutely rigid, it is still possible that a molecule, which consists of several atoms, may not also constitute an absolutely rigid mass, but that within it the several atoms are to a certain extent moveable, and thus capable of oscillating with respect to each other.
> It may also remark, that by thus ascribing a movement to the atomic masses themselves, we do not exclude the hypothesis that each atomic mass may be provided with a quantity of finer matter, which, without separating from the atom, may still be moveable in its vicinity.
> […] For brevity I will call the latter the *motion of the constituents* (Brush 1965, pp. 113-114).

Notwithstanding his cumbersome model of a molecule, Clausius' calculations successfully made use of the conservation laws; hence, his treatment was compatible with the notion of elastic body. He applied not only the conservation of the momentum – a law holding true for all kinds of bodies –and the law of translational energy conservation to the KTG – as Kroenig had done – , but also the other forms of energy – the rotational one and even that of an unknown matter surrounding the molecules – so that he considered the balance of the total energy pertaining to a molecule (an anticipation of the equipartition theorem). At the end of the paper he declared that his treatment was aimed to achieve the completeness:

> We must conclude, therefore, that beside the translatory motion of the molecules as such, the constituents of these molecules perform other motions, whose *vis viva* also forms a part of the contained quantity of heat (Brush 1965, p. 134).

This improvement resulted to be a decisive one.

A second paper in 1858 (Clausius 1858) replied to some objections he had received; the mean velocity of a molecules seemed exaggerated; in particular, the mutual diffusion of two gases seemed to disprove his previous results. In his answer, Clausius added a new feature to his previous model of a molecule: a Boscovichian force which for a great distance of the molecule from the centre is attractive and it is repulsive for a short distance. Hence, he mixed in an opportunistic way impacts and forces. The curious Clausius' way of theorizing shows the great philosophical resistance to definitely accept Leibniz's model of elastic molecules. Remarkably, first he applied the notion of probability, however to a single molecule, for obtaining its mean free path.

[4] As it is well known in Statics a body which support a pressure of whatsoever intensity is called "rigid". By trespassing this notion to the dynamical realm, one obtains the notion of a "hard" body, i.e. a body which preserves its shape irrespectively of the intensity of the received impulse. In Clausius' quotation the adjective "rigid" is intended in the dynamical realm; hence a name "hard" would be more appropriate.

A clear conception of the whole subject was offered by Maxwell's 1860 paper (Maxwell 1860). At just its starting, he declared which ideas of mechanics constituted his theoretical base; (time before/after, space as volume), impact, velocity, momentum, kinetic energy, conservation of momentum and conservation of energy (in the II part of the paper he obtained also the momentum-of-momentum).

He called "elastic" the bodies and their impacts, except for three times (one time at the beginning of the paper p. 150; and two times in the final p. 171, as reprinted in Brush 1965, pp. 148-171), when he called the molecules also "hard", although the two adjectives are incompatible. Were the superfluous mentions of the adjective "hard" a homage to the old Newton's idea?

The organization of the contents of the paper is interesting. It is composed by 23 problems and their solutions. Hence, his detachment from Newton's theoretical tradition concerned also the organization of the theory.

The first problem asks the velocity of two elastic bodies after a collision; their final velocities are obtained by applying the conservation of the momentum (with respect to the centre of mass of the system) through a unusual geometrical construction. The problem III applies the conservation of energy for obtaining the bodies' velocities after the impact. Therefore, the second and third Huygens-Leibniz's laws of the elastic impact have been obtained by Maxwell, notably through new mathematical methods.

After a part II devoted to the diffusion of gases, in the part III of the paper Maxwell extends the theory to a more general model of the molecules; no more perfect spheres, but bodies of whatsoever form; so that he has to take in account one more conservation law, i.e. that of the momentum-of-momentum (Brush 1965, p. 167).

Through calculations on this conservation and the two conservations of both momentum and energy he obtains the solution for the new kinds of molecules (Brush 1965, pp. 168-169). It is remarkable that by the way he obtains – in contrast to Newton's absolute time – the relativity of the motion of the two colliding bodies, Hence, his paper reiterated exactly all Huygens-Leibniz's laws, but without recalling their historical paternity.

It is remarkable that through the problem to find out "the probability of the direction of the velocity after the impact lying between given limits", in the I part the second proposition introduces a new notion (Brush 1965, p. 151). The new notion has been already useful in the resolution of the III problem (Brush 1965, p. 152). The resolutions of the first four problems constitute the base of his theory. All the well-known results follow, the celebrated velocity distribution included.[5]

Far to be a mere mathematical instrument, the notion of probability carries on a philosophy. It is aimed to put a remedy to our ignorance of the exact situation. In this sense the notion of probability represents a methodological principle aimed to solve the problem of accepting a priori our ignorance of the exact values. As a modal word, probability is equivalent to a doubly negated proposition; hence, it introduces that non-

[5] He obtained also a divergence with the experimental data about specific heats, which was resolved later by quantum theory (Brush 1983, p. 66).

classical logic which underlies a problem-based organization. In sum, Maxwell approached very closely a PO theory.[6]

6. The basic principle: Clausius' virial theorem

The TKG acquired a full autonomy when in 1870 Clausius applied the notion of probability to the conservation of the energy at the atomic level. The theorem of virial, by mixing together the notion of work with that of mean, is a characteristic notion of the new theory. The virial theorem establishes a balance between the virial of the system of the moving particles and the mean over time of the kinetic energy of the same system.

$$\sum \frac{m}{2} \overline{v^2} = -\frac{1}{2} \sum \overline{(X x + Y y \; Z z)}.$$

In such a way the notion of probability is no more an instrumental notion of the KTG, but it is included as a fundamental notion. Let us remark that the virial theorem concerns a constrained body, as a gas confined by the vessel in a given volume is; moreover, it is a generalization of the law of energy conservation; at last it is an application of the principle of the impossibility of a perpetual motion.

The same holds true for a machine subjected to the principle of virtual velocities. One may conclude that this Clausius' advancement constitutes the counter-part of the basic theoretical principle upon which is based the HLC theory.

We conclude that, apart the notion of probability, all the above characteristic features of the final KTG are at odd with all those of Newton's mechanics; on the contrary, they are exactly those founding the HLC mechanics. As a whole, the historical development of the KTG was an obscure and tiring process of re-discovering the theoretical relevance of the HLC formulation of mechanics. By ignoring it, both Clausius and Maxwell had to invent anew the basic issues of this formulation.

7. The implications of the incommensurability of KTG with the Newtonian paradigm

Which basic choices characterise the resulting theory, KTG?

It may seem that Boyle's question – is a gas composed by an infinite number of particles? – requires a choice on the kind of infinity. However, no one theorist suggested for

[6] In order to instantiate the kind of inference process that he called 'abduction', the philosopher Peirce alleged two scientific examples only; i.e. Kepler's way to arrive to his first law, concerning the orbits of the planets, and the KTG (Fann 1970, p. 22). Indeed, Peirce refers to KTG at least in a long comment and in two cursorily remarks [Peirce 1931-1958, respectively (2.639) (7.220) and (8.60)]. In the first one Peirce remarks that Boyle's paper "represented [to his contemporaries] a unfounded hypothesis"; but after the year 1850, KTG appeared as "a deduction of the [more relevant] mechanical theory of heat" (Peirce 1931-1958, 7.220); where "mechanical" is intended by Peirce according to Newton's theory of mechanics (Peirce 1931-1958, 2.639). These remarks are a meagre basis for a definite answer to the question whether in this case Peirce implicitly suggested an alternative way to build a theory through his abduction, as he did elsewhere (Drago 2014).

the number of particles the actual infinity, but only a potential infinite. Hence, KTG's mathematics results of a constructive kind, relying on the choice for PI.[7]

About the kind of organization of the theory, KTG received both its basic hypotheses (collisions among elastic bodies) and laws from the Huygens-Leibniz's theory of impact. In this sense its principles are a priori principles; thus, its organisation results to be an AO. However, KTG was not a mere prolongation of the previous theory since it added the notion of probability, as playing an essential role in the distribution of the velocities and, even more importantly in the virial theorem. It introduced to a PO theory.

In sum, the basic choices of the KTG on the kind of organization is the AO when the problem of the theory is considered in an instrumental way and the virial theorem is considered a theorem; it is the PO when its problem is considered as unattainable by our direct knowledge and the virial equation – obtained through the methodological principle of the probability – plays the role of the basic principle of the theory. Therefore, the theory belongs to either the Cartesian MST or the Carnotian MST; anyway it is at odd with the Newtonian MST owing to the different choice on the kind of infinity; or, in formal terms, the kind of mathematics. Hence KTG and the Newtonian MST are mutually incommensurable.

Unfortunately, in the history of physics this philosophical novelty of KTG was ignored. The historians noticed no more than the postponement of the origin of the KTG along at least one century the common opinion on this delay was that the paradigmatic role played by Newton's formulation obstructed the birth of KTG. Actually, this obstruction was a consequence of an incommensurability with the Newtonian MST (Brush 1965). By ignoring any rival formulation to Newton's, the historians did not suggest satisfying explanations. Rather, they misinterpreted KTG as a mere instrumental theory, and even worse as derived from Newtonian mechanics.[8]

Bibliography

Bellini E., Drago A., Mauriello G. (2007). *Ricostruzione della meccanica di Lazare Carnot come alternativa fondazionale alla meccanica newtoniana*, in Leone M., Preziosi B., Robotti N. (a cura di), *L'eredità di Fermi, Majorana ed altri temi. Atti del XXIV Congresso Nazionale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia (SISFA)* (Napoli-Avellino, 3-6 giugno 2004). Napoli: Bibliopolis, pp. 113-118.

[7] The model of a gas as a set of interacting molecules seems deny the impossibility of a perpetual motion. Given this impossibility, why such molecules do not collapse into a rest state? Of course the thermal equilibrium of the gas with the walls implies that a continuous flux of energy from the latter ones to the gas; hence, the motion of the gas is perpetual but only because the system is open to inward energy which supplies the loss of internal energy of the gas.

[8] Brush's so accurately detailed account is explicitly at all pro-Newton's paradigm (Brush 1965, p. 21). More balanced is Dugas (1950). Scott's book (1970) is illuminating on all radical variations of meaning of the basis notions of KTG.

Bernoulli D. (1738). *On the properties and motions of elastic fluids, especially air*, in *Hydrodynamica*. Argentorati: Sumptibus Johannis Reinholdi Dulseckeri [English transl. in Brush (1965), vol. 1, pp. 57-65].

Boyle R. (1660). *New Experiments Physico-Mechanicall, touching the spring of the air, and its effects*. Oxford: H. Hall, pp. 12-20 [Reprinted as *The Spring of the Air*, in Brush (1965), vol. 1, pp. 43-51].

Brown T.M. (1965). "Resource Letter EEC-1 on the Evolution of Energy Concepts from Galilei to Helmholtz". *American Journal of Physic*s, 33 (10), pp. 759-765.

Brunschvicg L. (1949). *L'éxperience humaine et la causalité physique*. Paris: P.U.F.

Brush S.G. (1965). *Kinetic theory. Volume 1. The Nature of Gases and of Heat.* New York: Pergamon Press.

Brush S.G. (1983). *Statistical Physics and Atomic Theory of Matter from Boyle and Newton to Landau and Onsager*. Princeton: Princeton University Press.

Capecchi D., Drago A. (2005). "On Lagrange's history of mechanics". *Meccanica*, 40 (1), pp. 19-33.

Carnot L. (1783). *Essai sur le Machines en Général*. Dijon: Defay.

Carnot L. (1803). *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement*. Paris: Deterville.

Clausius R. (1857). "Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen". *Annalen der Physik*, 176 (3), pp. 353-380 (Reprinted as *The Nature of the Motion which we call Heat*, in Brush (1965), vol. 1, pp. 111-134).

Clausius R. (1858). "Ueber die mittlere Länge der Wege, welche bei Molecularbewegung gasförminger Körper von den einzelnen Molekülen zurückgelegt werden; nebst einigen anderen Bemerkungen über die mechanischen Wärmetheorie". *Annalen der Physik*, 181 (10), pp. 239-258 [Reprinted as *On the Mean Lenghts of the Paths Described by the Separate Molecules of Gaseous Bodies*, in Brush (1965), vol. 1, pp. 135-147].

Clausius R. (1870). "Ueber einen auf die Wärme anwendbaren mechanischen Satz". *Sitzungsberichte der Niedderrheinischen Gesellschaft für Natur und Heilkunde Bonn*, pp. 114-119, reprinted in *Annalen der Physik*, 217 (9), pp. 124-130 [Reprinted as *On a Mechanical Theorem Applicable to Heat*, in Brush (1965), vol. 1, pp. 172-178].

Costabel P. (1960). *Leibniz et la Dynamique. Les textes de 1692*. Paris: Hermann.

Drago A. (1988). *A Characterization of Newtonian Paradigm*, in Scheurer, P.B. and Debrock G. (eds.), *Newton's Scientific and Philosophical Legacy*. Kluwer Academic Publishers, pp. 239-252.

Drago A. (1996). "Alternative mathematics and alternative theoretical physics. The method for linking them together". *Epistemologia*, 19, pp. 33-50.

Drago A. (2001). *The birth of an alternative mechanics. Leibniz' principle of sufficient reason*, in Poser, H. (ed.), *Nihil sine ratione, VII Internationaler Leibniz-Kongress* (Berlin, 10-14 September 2001). Berlin: Leibniz Gesellschaft, vol. 1, pp. 322-330.

Drago A. (2003). *La riforma della meccanica secondo Leibniz. Testi originali e loro interpretazione moderna.* Benevento: Hevelius.

Drago A. (2004). "A new appraisal of old formulations of mechanics". *American Journal of Physics*, 72 (3), pp. 407-409.

Drago A. (2008). *The Lagrange's arguing in Méchanique Analytique*, in Sacchi-Landriani G., Giorgilli, A. (a cura di): *Sfogliando la Méchanique Analytique. Giornata di Studio su Louis Lagrange* (Milano, 19 ottobre 2006). Milano: LED, pp. 193-214.

Drago A. (2014). *A Logical Model of Peirce's Abduction as Suggested by Various Theories Concerning Unknown Entities*, in Magnani L. (ed.): *Model-Based Reasoning in Science and Technology. Theoretical and Cognitive Issues* (International Conference, Sestri Levante, Italy, 21-23 June 2013). Berlin: Springer, pp. 315-338.

Drago A., Saiello P. (1995a). *La teoria cinetica dei gas: una sconfitta del meccanicismo newtoniano*, in Rossi, A. (ed.), *Atti del Convegno GNSF Storia della Fisica del XIX e XX secolo* (Centro Volta, Como, 3-4 giugno 1993), published as an appendix in *Atti del XIII Congresso Nazionale di Storia della Fisica* (Pavia, 5-10 ottobre 1992). Lecce: Conte, pp. 295-308.

Drago A., Saiello P. (1995b). *Newtonian mechanics and the kinetic theory of gas*, in L. Kovacs (ed.), *History of Science in Teaching Physics, Extended Proceedings of history teaching physics conference* (Szombathély, 1994). Szombathély: Studia Physica Savariensia, pp. 113-118.

Dugas R. (1950). *Histoire de la Mécanique*. Neuchâtel: Griffon, Paris: Dunod.

Fann K.T. (1970). *Peirce's Theory of Abduction*. The Hague: Nijhoff.

Gillispie C.C. (1971). *Lazare Carnot Savant*. Princeton: Princeton University Press.

Grattan-Guinness I (1990). *Convolution in French Science, 1800-1840. Science Networks: Historical Studies, Vol. 2*. Berlin: Birkhauser.

Herapath J. (1821). "A Mathematical Inquiry on the Causes, Laws and principal Phænomena of Heat, Gases, Gravitation, etc.". *Annals of Philosophy*, 1, pp. 273-293, pp. 340-351, pp. 401-416.

Herapath J. (1836). "Exact Calculation of the Velocity of Sound". *The Railway Magazine and Annals of Science*, 1, pp. 22-28.

Herapath J. (1847). *Mathematical Physics*. London: Whittaker.

Leibniz G.W. (1692). *Essay de dynamique sur les lois du mouvement*, in Gerhardt C.I. (ed.) *Mathematische Schriften*. Halle: H.W. Schmidt, 1860, Bd. VI, pp. 215-231.

Maxwell J.C. (1860). "Illustrations of the Dynamical Theory of Gases. I. On the Motion and Collisions of Perfectly Elastic Spheres". *Philosophical Magazine*, 19, pp. 19-32; "On the Process of Diffusion of Two or More Kinds of Moving Particles among one Another", *Philosophical Magazine*, 20, pp. 21-37 [Both reprinted as *Illustrations of the Dynamical Theory of Gases*, in Brush (1965), vol. 1, pp. 148-171].

Newton I. (1687). *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. London: Joseph Strater.

Peirce C.S. (1931-1958). *Collected Papers by Charles S. Peirce*. Cambridge MA: Harvard University Press, vols. 1-8.

Scott W.L. (1970). *The Conflict between Atomism and Conservation Theory, 1644-1860*. London: Macdonald, New York: Elsevier.

Education, Science Communication

Physics Communication. From Past to Future

Roberta Raciti - Master “Giornalismo e comunicazione istituzionale della Scienza”, Università di Ferrara; INFN-Sezione di Catania - robertarac@hotmail.it

Abstract: At present, the perception of a widespread anti-scientific attitude of society is denied by less superficial analysis of the communication market. In contrast to the general crisis, especially in the cultural sector, the attendance at science museums, the conspicuous number of informative scientific books, the relevance of various initiatives on scientific themes in television, cinema and theatre, demonstrate how much this land is fertile and how much the society is curious of science. The steps of the scientific communication will be retraced till the present day, through examples that clarify goals, methods and strategies, and how these have changed depending on the historical eras through the changes in the relationship between “scientist” and society. Who, how, what: these are some of the questions to be asked to avoid to simplify the problem of public communication of science, no more optional, but necessary, in era of the so-called post-academic science. In particular it will be emphasized the importance of the history of science, rich of anecdotes and experiences that could help to restore the fracture between humanistic and scientific culture and to understand how the start and evolution of scientific thought and theories have permeated the history of the humanity.

Keywords: Science communication, Science history, Physics dissemination.

1. Introduction

Knowledge is a cumulative good: its use by anyone, instead of diminishing, grows it. It is a not rival good: its use by anyone does not prevent or limit the use by another. Thus it is undeniable that the rate at which knowledge increases is related with the extension of its communication.

In 1531 Cornelius Agrippa invented a device for projecting points on the surface of the Moon, so that anyone could read even at long distance. Lunar writing dreamed by Agrippa was one among various extravagant expedients proposed in the sixteenth and seventeenth centuries to facilitate communication. Tubes were designed to amplify the human voice, techniques to transport secretly letters underwater, etc.

2. Invention of printing and scientific communication

The invention of printing was considered by many people as the true engine of scientific progress. As reported by Gorman (2002), Kepler speaks in glowing terms and writes:

> With the advent of printing the books had a much wide dissemination. Every year, especially since 1563, the number of papers published in each field is greater than those produced in the thousand years before. Thanks to them, today a new theology and a new law have been created. The followers of Paracelsus have re-established the medicine and the Copernican astronomy. I really believe that finally the world is alive, more than before, and that the stimuli of these extraordinary conjunctions did not act in vain (Gorman 2002, pp. 277-278).

It is significant that many of the crucial years of the Scientific Revolution correspond to dates of milestone publications: in 1543 the *De humani corporis fabrica* of Andrea Vesalius and the *De revolutionibus orbium coelestium* of Nicolaus Copernicus; in 1610 the *Sidereus nuncius* of Galileo Galilei and in 1687 and Sir Isaac Newton's *Principia*.

Printed words for the first time assumed a fundamental importance for European science when the astronomer Johann Müller of Königsberg, known as Regiomontanus, opened his printing office in Nuremberg in 1471, in order to publish technical and scientific books, considered not economically convenient for Nuremberg printers and required skilled artisans to insert correctly diagrams xylographed in written texts. As first editor of the astronomical and mathematics literature, Regiomontanus wanted to offer to its readers texts and manuals free of typographical errors. The lack of specific knowledge of the printers would have had disastrous consequences for scientific publications, and not a few works circulated in Europe in incorrect versions compared to the original ones. In this regards, as reported by Gorman (2002), the teacher of Kepler, the great Danish astronomer Tycho Brahe wrote:

> The art of printing was invented less than a hundred and fifty years ago; and in the long time that preceded it, many things, especially the numbers, could be wrong due to the fact that they had been rewritten many times. But the error occurs easily also in printing, especially in this field, unless you use a very careful proofreader (Gorman 2002, pp. 71-72).

The risk of incorrect printing of technical texts brought some of the richest natural philosophers, including Tycho himself, to acquire, in addition to their study places or private laboratories, its own printing office. But they were just exceptions.

3. Illustrations and instruments in support of printed books

If the probability of incurring errors in the printing of the texts was high, the inaccurate reproduction of the illustrations was almost inevitable. The collaboration of artists, designers, engravers, behaved as a result that the most famous European printing offices were transformed into places of lively interaction among artists, philologists, natural philosophers, artisans and printers. But practically, the fact that the production of printed books was a collective process often meant that the authors had limited control on the illustrations that accompanied their books. Moreover, even if the illustrations had undeniable advantage as help in explanation, they determined indirectly less

dissemination of books, because the most richly illustrated books became too much expensive for most of scholars.

The problem became particularly important in case of reproduction of observations made by means of optical instruments such as microscope or telescope. For example Galilei used his knowledge of the clear-dark and other specific pictorial techniques to reproduce with xylography the Moon surface and to represent the different positions of the Jupiter satellites, overcoming the problem to create realistic representations so that his readers did not concentrate on the likelihood graphics, but on topics treated in the text. Reprints of the *Sidereus nuncius* of Galileo were distributed through diplomatic channels of Medici family, together with telescopes, that allowed readers to repeat astronomical observations.

The Scientific Revolution started also thanks to a circulation of particular objects, instruments and especially letters. Jesuits played a crucial role in their missions around the world, they behaved like as scientific communicators, receiving, copying by hand and circulating among scholars letters that treated natural phenomena. These letters were also used to encourage and grant protection, to report on the state of research, to ask for information, otherwise impossible to find, and to give news of the latest publications. The correspondence was also used as a "pre-publication", to affirm the priority or authorship of studies and researches or, at times, to address topics too controversial for print, as in the case of the Galileo Letter to Madame Cristina Grand Duchess of Tuscany.

In 1665 the secretary of the Royal Society, Oldenburg inaugurated the first scientific journal, the *Philosophical Transactions*, which he defined as review of the "current researches, studies and labors of the ingenious people of many parts of the world" (Gorman, 2002). Afterwards similar initiatives follow in France, in Leipzig and Rome.

4. The debate between secrecy and communication of science

While was universally recognized the need for natural philosophers to communicate with each other, not just as easily the need was recognized for dissemination. The history of the scientific dissemination is closely linked to the history of the contrasts between exoteric and esoteric tendencies of the first scholars of the modern age.

The idea that scientific knowledge should be freely shared rather than revealed only to initiates through an obscure language, was controversy reason across the sixteenth and seventeenth centuries. It seemed natural that only an *élite* of people was destined to knowledge, while the most of people was condemned to ignorance and servitude. Even Francis Bacon, describing the community of scientists in the *New Atlantis*, still attributes an important role to secrecy. The inhabitants of the *House of Solomon* consult to decide "which of our inventions, experiences and discoveries we make public, and [of which] we should make solemn promise of secrecy" (Gorman, 2002).

The fear was that a distributed knowledge could make the people aware of their rights and freedoms, that no longer would have accepted to be governed with oppression. In the seventeenth century was born, with revolutionary act, not only

modern science, but also a new concept of communication. It is just this new interpretation of the communication – everything has to be communicated to everyone – to be one of the key factors that enabled the start of the modern science. This is the "dangerous idea" of Galileo: to subtract the knowledge to small *élites* and potentially make it available to everyone. The *Dialogo sopra i massimi sistemi* by Galileo, one of the works which revolutionized not only the scientific culture and not only in Italy, can be considered a scientific text of monumental importance but also an admirable example of scientific communication.

In reconstructing the history of the scientific dissemination, it is important to distinguish between works of practical and technical nature, written in vulgar language for boaters, surveyors, engineers and artisans, that is an audience outside the academies, and works that were deliberately non-technical for more sophisticated readers who had no real need to use those skills, but could treat appropriately the topics in a conversation.

5. The scientific lounges

The start of academies, cafes, collections of curiosity and scientific societies created a new audience for natural philosophy. As reported by Gorman (2002), in France at the end of the seventeenth century, natural philosophy, in addition to music and poetry, it was common topic of elegant conversation in gardens, lounges, cafes and boudoirs. The *Entretiens sur la pluralité des mondes* by Bernard Le Bovier de Fontenelle, published in 1686, became a canonical example of how natural philosophy could be addressed to a refined public. It is a dialogue in which the protagonist tries to explain the structure of the universe to a woman, intelligent but ignorant of philosophy. The *Entretiens*, which represent an idealized version of the conversations that took place in the lounges of Paris, had a great success and more than ten editions in the next fifty years. The real novelty was not so much in the content or structure of the book, but in the social role of the author, the first professional communicator, who was capable to make pleasant the natural philosophy to the aristocratic classes. It also demonstrates that at the end of the seventeenth century, women constituted an important part of the society for which natural philosophy became accessible; afterwards many scientific dissemination works were just written by women.

6. The science show

Furthermore, it is stated, since the sixteenth century, another way of communication, recovered today: the conference show. Bernard de Palissy, a French ceramist became famous also for his public readings of natural history. To listen to his lecture a ticket of one crown was required, a considerable price at that time. Nicolas Lémery (1670), French chemist, arranged a chemical preparation for explosions and built an "artificial volcano" to attract an audience of students, scientists and ladies. Georges Claude (1870-1960, inventor of the neon) installed in the luna park in Paris a stand entitled *Science*. Moreover, to be considered the very popular conferences (1864-1867) held by Louis

Pasteur at the Sorbonne, where the experimental demonstration took the form of a theatre representation. Another example among the best known, is the experiment of Foucault pendulum in the dome of the Pantheon in Paris to demonstrate the rotational motion of the Earth. Science interested nobles, politicians, but also the middle class, owners of lands and mines, in particular for what concerned the technological applications designed to improve performance. But even the workers and peasants were interested to science: when the physicist Silvanus Thompson gave a lesson on electricity in the mine, in Cardiff, the miners organized special trains to participate.

7. The role of newspapers to a large dissemination of scientific knowledge

In the meantime newspapers were born at large-printing. The audience extends further. Large space is reserved to scientific news. Through newspapers the great scientific disputes become accessible to the public: the debate between Huxley (Darwinian) and Bishop Wilberforce arrives on the cartoons of newspapers. Perhaps the first popular scientific article is what in 1752 Benjamin Franklin published in The *Pennsylvania Gazette* on his experiments on lightning and kites. Benjamin Franklin, journalist, printer, scientist and politician, son of a merchant of candles, is incarnation of the spirit of the Enlightenment self-made man. *The chemical history of a candle* (Faraday 1982) was one of the most famous popular articles, transcription of a series of great successful science lessons held by Faraday.

8. Faraday and physics shows

Michael Faraday represents the best example of the effectiveness of the science dissemination. If scientists were limited to communicate with each other, if there were no books or scientific shows, if the son of a smith did not have the right of access to science, we would not have had any Faraday. He, son of a smith, seemed destined to be artisan. Working as young apprentice to a bookbinder, he had the opportunity to read and get an education, particularly in science. He was also enthusiastic spectator of the famous spectacle lectures of Sir Humphry Davy, the most famous chemist of England, of whom he became assistant. Showing his value as investigator, Faraday had a career so brilliant to become more famous than Davy. Born poor and desirous to emancipate, he was very sensitive to the knowledge desire coming from poorly educated people. So, when in 1825 he became the Director of the Laboratory of the Royal Institution in London, one of the first initiatives was to open in the evening to the members of the Institute to perform experiments and demonstrations. These informal meetings soon became systematic and popular as *Friday Night Discourses*, scientific informative lectures with experimental activities. Similarly, he gave start to the *Christmas Lectures*, series of scientific events, every year on a specific theme, which were performed during the Christmas holidays, because primarily addressed to an audience of young people. This tradition is still alive at the Royal Institution. *The chemical history of a candle* was the title of his last and most

famous Christmas Lectures. He used the candle, an everyday object, as a pretext to carry out experiments in chemistry and physics. The candle becomes, in this way, a sort of "universal laboratory" accessible to everyone. "There is no law, according to which any part of this universe is governed, that does not be involved in physical phenomena that occur in a candle". Faraday proposed to participants to his lectures to repeat at home his experiments, so they even could feel the pleasure of scientific discovery. "Who has the fortune to discover a beautiful thing should not hold it hidden to others". He is convinced that anyone can learn if he observes the natural phenomena and plays them through the manipulation of real objects, as himself does: hand, eye and brain.

9. Science museums

It was what Frank Oppenheimer tried to do much later, in 1969, the founder of the Exploratorium in San Francisco. "Explaining the science and technology without the support of facts may look like trying to speak o someone about swim without never put him in the water". It must be arouse the pleasure of discovery! The mission statement of the Exploratorium is an example of a strongly democratic and open approach to science communication: "The mission of the Exploratorium is to create contexts, programs, and tools for innovative learning and exploration, which will help the people of all ages, backgrounds and origins to exploit their innate curiosity to learn about the surrounding". The Exploratorium is an important transition in the history of scientific museology: no longer science museums based on historical collections of instruments and machinery (museums of science and technology or science and industry), but on the communication of scientific concepts through experiments. The hands-on exhibits – that is the objects on which one has to "get their hands" to reproduce phenomena – recall besides a peculiar feature of science, that is its experimental nature. The second innovation is that of a democratic vocation of science and its socialization. The third aspect is related to the aesthetic dimension. The Exploratorium – originated as a "museum of art, science and human perception" – plays an explicit relationship with the visitors from the implicit beauty and elegance of natural phenomena, which represent a kind of "bait" to capture their attention, then towards the understanding of the laws. On this basis, an entire generation of new museums originated or traditional museums were renewed, all over the world. In Italy science museums, in strong contrast with a general decrease of museum visitors and of quality standards, science museums record not only an increase in visitors, but seem more dynamic and with better quality standards, towards greater interactivity. It should be noted, however, the predominant presence of children and young people than adults.

10. Are we in a scientific era today?

In addition to museums, scientific dissemination has landed on television in various formats; we assist to a boom of scientific magazines as of books on the libraries – in particular specific scientific publishing for children and young people. In bookstores today

more than ever one can find a corner dedicated to science and even some books on showcase. On the other hand many daily newspapers no longer have a scientific editing. Often simple reporters take care also of scientific news or, more frequently, the press offices of institutions or research institutes. The "science" of which they speak mostly concerns with health and wellness, or is strictly limited to the launch of sensational scoop.

Moreover, there is science at cinema and theater. In particular, what could possibly be the most immediate heir of the dialogues written by scientists of the sixteenth century, spectacle lectures of the evening appointments of the Royal Institution, what could be the appointed place, the theater, during the years, always less timidly, has ventured to explore science, from different points of view. So Brecht's *Leben des Galilei* (Brecht 1998) and *Copenhagen* by Frayn (2000) inaugurate a trend that could be called ethical, where the relationship between science and society, the definition of freedom and foremost the responsibility of scientific research, are investigated. Alternatively attempts are made of spectacular experiments or dramatizations of the live of individual scientists, genial or strange. An exception is to be considered the very successful theatre representation *Infinities* by Ronconi, written by Barrow (2002), which represents not the phenomena investigated by science, not experiments, not a process to the science, but a pure and abstract concept, the infinity in all its forms, which becomes a viable experienced path of senses. And more recently *ITIS Galilei* by Paolini (2013), who explains Physics concepts trough the life and the work of the scientist.

In addition to the traditional media, science cafes, science festivals, cineclub, week of science, night of the researcher are very frequented events. On the web we see an increasing number of portals, blogs, podcasts, newspapers and online magazines, institutional websites, video on youtube, etc. Moreover there is a proliferation on the web of spontaneous dissemination initiatives from students, children, lovers, enthusiasts. From the web one can learn that sometimes one may even smile or even laugh of the science when one is confident with it, as well as with the general culture. The serious attitude is indicative of strangeness and awe.

11. The rhetoric of the two cultures

Most people have a contradictory behavior, on the one hand they have not confidence in the work of scientists, on the other hand they make confidence more and more on science. In addition, although there is an increasing demand for scientific knowledge, only few enroll in scientific faculties, and the image of the physicist continues to be for the people very far from reality so much that most people do not know absolutely in what the work of the physicist consists. In 1959 the scientist and novelist Charles Percy Snow (2005), during a conference at the University of Cambridge, in a famous talk on the substantial gap between scientists and humanists and bipolarity that characterizes the intellectual life of the Western world, then published in numerous editions and translations, stigmatizes the so-called rhetoric of the two cultures. The bipolar vision of Snow is not only about knowledge produced from the university system. The consequences of the "Great separation" are too heavy for the role of science in society and are reflected, for example,

in the little importance that science plays in the educational system, dominated by the influence of historians, philosophers and writers who often boast of their scientific ignorance. The effect is that even the most of cultured people do not know the most basic scientific concepts.

If in 1949 the historian Herbert Butterfield (1949) described the scientific revolution as "the true origin both of the modern world and of the modern mentality" overcoming "in splendor anything that has happened since the birth of Christianity" reducing "the Renaissance and the Reformation to the status of mere episodes". Why science has not place in the history books? Why textbooks of history still give much more space to popes, poets and leaders rather than Bacon, Pasteur and Einstein? Why are there two histories: one of the humanity and the other one of the science, independent of each other? Because François Rouelle, performing demonstrations of chemistry in the Royal gardens, could count on the presence, among others, Diderot and Rousseau, and Dickens participated in scientific evenings of Faraday, while today does not happen the same?

"Why – Feynman (1988) wondered – no one feels inspired by our present description of the universe? This aspect of the science is not sung by singers, one is reduced to listen not in music or in verse, but in an evening conference. We are not yet in a scientific age". We cannot say to be fully in a scientific era, because today we take yet only an exterior "impression" of the science. Rather, the present is a technological age: the technology permeates deeply our live, to shape our imagination; one lives technology without the problem to communicate it. The scientific knowledge, which is still became social phenomenon involving hundreds of thousands of people in the world, is a knowledge not yet percolated in everyone and it does not emerge spontaneously in the artistic and literary expressions, only with some exceptions. Why we tend to forget that science is culture, not just progress, well-being, care? Why we are not familiar with the science?

12. A lack in the history

To remedy the training deficiencies was developed in the 80s the Public Understanding of Science (PUS) and the communication model called Top-down, a form of transmission of scientific knowledge, translated from specialist language to the everyday simplified language, prepared for an audience generally considered ignorant and homogeneous. However, the most alarming lack is not so much on contents and scientific knowledge (assumption of PUS) but the fact that the scientific "mentality" is not diffused in a society that knows perhaps Newton's laws but continues to maintain an irrational attitude of faith towards science.

Perhaps just the history could play a decisive role, the history of scientific discovery, of the researches, a collective history, made up of teams and not of solitary genius, of winning theories and forgotten theories, of studies and experiments rather than of fatal intuitions. It would perhaps also a useful way to reintroduce in the universal history the missing scientific chapters, in order to understand the influence of science in history and the history on science, let talk and reconcile, a way to contextualize and demystify the science, to give to the scientist profession the

connotation of a true profession, the result of a concrete practice and not of inspiration, and finally to propose a realistic image of science, without special effects and without banalizations, reflecting on the contrary all the complexity of the cognitive process.

Bibliography

Barrow J.D. (2002). *Da zero a infinito.* Milano: Mondadori.

Brecht B. (1998). *Leben des Galilei.* Frankfurt a.M.: Suhrkamp Verlag.

Butterfield H. (1949). *The origin of modern science 1300-1800*. London: Bell and sons.

Faraday M. (1982). *La storia chimica di una candela*. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.

Feynman R.P. (1988). *Che t'importa di ciò che dice la gente?* Bologna: Zanichelli.

Frayn M. (2000). *Copenhagen*. New York City: Anchor Books-Random House.

Gorman M.J. (2002). *La comunicazione scientifica ed erudita*, in *L'età dei Lumi - Storia della Scienza*, vol. 6, Roma: Istituto della Enciclopedia italiana.

Greco P., Pitrelli N. (2009). *Scienza e media ai tempi della globalizzazione*. Torino: Codice.

Paolini M. (2013). *ITIS Galileo.* Torino: Einaudi.

Snow C.P. (2005). *Le due culture*. Venezia: Marsilio.

Attività didattiche in Astronomia realizzate al Liceo Statale "Leonardo" di Giarre

Pietro Romano - Liceo Statale "Leonardo", Giarre - pr.romano@tin.it

Abstract: In the last five years, Liceo "Leonardo" (Giarre), state high school, essentially using the European funds FESR, purchased a large number of devices for astronomy (binoculars, telescopes and accessories, solar telescopes, CCD cameras, webcams, spectrometer, etc.). This allowed the development of educational activities, both curricular and extra, concerning the observation and photography of the Sun in Hα, Moon and planets and deep sky.
During the school year 2011-2012, a training course *Astronomia Osservativa* was organized. It involved both teachers and students, in which we had the pleasure to host the astrophotographer Giovanni Benintende.
The same year, the school attended the *Lauree Scientifiche Project* (PLS), organized by the Department of Physics and Astronomy, University of Catania.
This year, two fourth classes, have embarked on a two-year course called *Alla Scoperta dell'Archeoastronomia*, which has assumed the role of a Project Area, aiming at the preparation of a document for the school-leaving exam. Among the activities planned for the first year, we have the pleasure to mention the visit to the Grotte della Gurfa (Alia - PA) and Megalite Forato (San Cipirello - PA). As a result of this experience, collected by the photos and the video taken along the development of the activities, the students have made a short film that was in the *ArcheoCiak*, a yearly competition organized by the Ente Parco della Valle dei Templi - Agrigento, gaining the first prize. In the next future, we are going to develop activities in photometry and spectroscopy.

Keywords: Astronomy, Archaeoastronomy, High-resolution photography, Deep-sky photography.

1. L'analisi dei dati di Galileo sui satelliti medicei

Il 7 gennaio del 1610, Galileo inizia le osservazioni su Giove e presto si rende conto che «le tre stelline piccole ma luminosissime […] allineate lungo la linea dell'eclittica» erano corpi rotanti attorno al pianeta. Nel *Sidereus Nuncius*, Galileo riporta sia misure angolari degli scostamenti da Giove, misurati prendendo come unità il suo diametro, sia disegni, che sembrano essere in scala. Da queste prime osservazioni, egli non fu in grado di dedurre il periodo dei quattro satelliti (intuisce solo che il periodo di Callisto è «semimensile»). In realtà, mons. G.B. Agucchi (Castaldi 2007), basandosi solo su

queste osservazioni, riuscì nell'intento già alla fine del 1611, mentre Galileo riporta questi dati nel *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua* (aprile 1612).

L'analisi di questi dati è stato oggetto di studio in una classe quinta di liceo scientifico sperimentazione Brocca (Romano 2010). In una prima fase, è stato chiesto di riportare in grafico le misure angolari in funzione del tempo. A tale scopo, si è utilizzato l'ambiente geometrico *Geogebra*,[1] ben noto agli studenti fin dal primo anno per l'uso che se ne fa nello studio appunto della geometria.

Quindi, nel laboratorio di informatica, si è chiesto di individuare i valori di ampiezza, periodo e fase delle sinusoidi relative ai quattro satelliti. I valori determinati sono riportati nella tabella che segue:

	Valori corretti											
	A_1	T_1	f_1	A_2	T_2	f_2	A_3	T_3	f_3	A_4	T_4	f_4
	12,71	16,60	-0,26	7,47	7,15	-0,87	4,81	3,55	2,86	3,06	1,77	1,37
	Risultati Test											
Alunno	A_1	T_1	f_1	A_2	T_2	f_2	A_3	T_3	f_3	A_4	T_4	f_4
1	14,19	16,20	-0,57	8,87	7,20	-0,88	7,09	6,80	0,25	4,43	2,40	2,57
2	13,01	16,20	-0,63	8,28	7,20	-0,75	5,62	3,60	-2,14	1,77	2,20	-3,14
3	12,71	16,60	-0,31	9,16	7,00	-1,70	6,21	3,40	0,63	3,25	1,80	-1,82
4	14,48	16,60	-0,90	9,75	7,00	1,57	6,80	5,40	0,06	4,14	2,20	-2,40
5	12,71	16,60	-0,31	8,51	8,80	1,63						
6	13,42	15,88	-1,12	7,39	7,10	-0,82	5,44	9,52	-3,14	4,73	2,40	0,19
7	13,89	16,42	-0,44	8,69	7,17	-0,83	5,91	3,50	1,91	3,84	1,77	0,90
8	14,48	15,80	-1,04	13,01	14,20							
9												
10	14,78	15,90	-0,75	12,95	7,00	-1,38	9,16	6,80	-2,64			
11	14,90	16,44	-0,33	13,01	8,54	-0,03	7,39	3,76	-2,42			
12	13,01	16,00	-0,69	8,57	7,60	0,69	5,62	5,00	-2,45	3,96	4,40	-0,06
13	13,89	15,20	-1,51	8,57	7,60	0,69	5,62	4,80	2,20	2,96	2,83	-0,13
14	13,01	16,20	-0,57	8,87	7,00	-1,51	2,96	3,60	-2,95	3,84	1,80	-3,14
15	13,72	16,67	-0,33	8,57	6,98	-1,51	7,39	3,74	2,40			
16	13,30	16,50	-0,38	8,87	7,25	-0,31	5,91	3,60	-2,07	4,00	2,00	0,00
17	12,71	16,60	-0,25	8,57	7,00	-1,44	5,91	3,60	-3,01	2,96	1,00	-2,57
18	15,08	15,88	-0,93	10,05	7,40	-1,13	5,62	3,32	-2,51			
19	13,01	16,30	-0,63	7,69	7,25	-0,38	5,03	3,65	-1,76	2,07	1,95	-1,38
20	13,01	16,55	-0,50	10,11	7,40	-1,10	5,62	3,20	-2,40			
M	13,65	16,24	-0,64	9,45	7,72	-0,51	6,08	4,55	-1,18	3,50	2,23	-0,92
±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
σ	0,80	0,38	0,33	1,71	1,65	1,04	1,30	1,72	1,96	0,91	0,82	1,78
σ/M	6%	2%	52%	18%	21%	203%	21%	38%	166%	26%	37%	194%
diff.	7%	2%	148%	26%	8%	41%	26%	28%	141%	14%	26%	167%

Tab. 1. Valori di ampiezza, periodo e fase determinati dagli studenti. Le ultime righe riportano il calcolo dei valori medi. In alto, i valori corretti

La tabella mostra il risultato ottenuto dagli studenti ed il calcolo dei valori medi (in basso). In alto, vengono anche indicati valori più precisi, successivamente ricavati con un esame più attento dei dati. Questi ultimi valori sono stati utilizzati per tentare la caratterizzazione dei quattro satelliti. Con riferimento alla Fig. 1, ad esempio, si può stabilire che nell'osservazione del 36-esimo giorno (5 febbraio), i satelliti sono, procedendo dall'alto verso il basso, Callisto, Ganimede, Io, Europa.

Confrontando con un planetario,[2] si è trovato che su 192 misure, 164 vengono caratterizzate correttamente (85%).

Sempre utilizzando questi parametri più corretti, è stato progettato e realizzato un simulatore del moto di questi satelliti in ambiente *Geogebra*, che riproduce correttamente le posizioni dei satelliti indicate nel *Sidereus Nuncius* (Fig. 2). Il

[1] *Geogebra* è un software di geometria dinamica freeware, prelevabile da URL: <http://www.geogebra.org>.
[2] Si è fatto uso di *Stellarium*, prelevabile gratuitamente da URL: <http://www.stellarium.org>.

simulatore mostra il moto ortogonalmente ai piani orbitali e il moto come invece lo si osserva effettivamente (cioè, di taglio). La figura mostra in particolare la loro posizione il 7 gennaio e si può osservare la congiunzione Io-Europa non vista da Galileo.

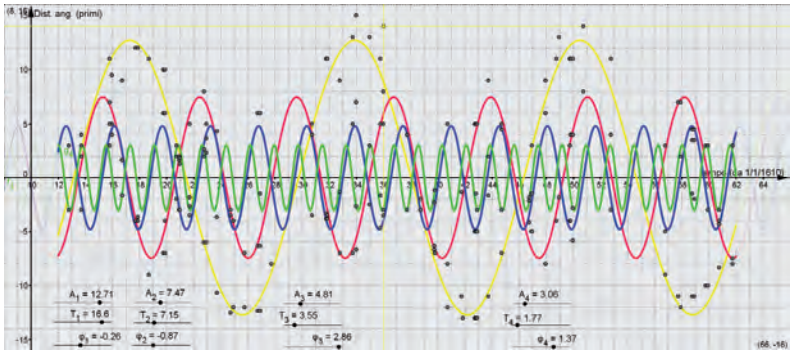


Fig. 1. Caratterizzazione dei satelliti (giallo: Callisto; rosso: Ganimede; blu: Europa; verde: Io)

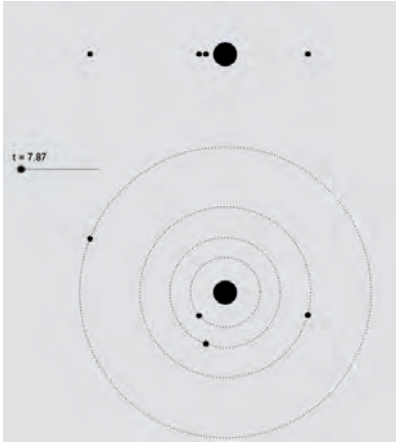


Fig. 2. Simulatore del moto dei satelliti di Giove

2. L'area di progetto *Alla scoperta dell'Archeoastronomia*

Il progetto è stato pensato come percorso multidisciplinare biennale (area di progetto) per due classi quarte ad indirizzo Brocca scientifico (anno scolastico 2012-2013). Si concluderà quindi nel corso dell'attuale anno scolastico e costituirà argomento del colloquio orale che gli studenti sosterranno per conseguire il diploma.

Il progetto si articola in seminari di introduzione ai concetti di base della disciplina archeoastronomica (quattro già svolti lo scorso anno e tre previsti per il corrente anno

scolastico), in due visite guidate presso tre siti archeologico-naturalistici siciliani, e si concluderà con una mostra fotografica di una selezione di foto realizzate dagli studenti.

Gli obiettivi che con questo progetto si intendono perseguire sono riassumibili nei seguenti punti:

- conoscere l'archeoastronomia e saperne esporre i contenuti significativi;
- conoscere le principali culture del mondo antico, con particolare riferimento al rapporto di queste con le cosmogonie e le scienze astronomiche;
- acquisire le principali tecniche di osservazione del cielo utilizzate nell'antichità;
- educare alla lettura del territorio attraverso il contatto con luoghi ed opere;
- riconoscere il bene e l'importanza che questa disciplina riveste nella storia locale;
- educare ai Beni Culturali, vera espressione della nostra identità, ed espressione di ciò che gli antichi popoli ci hanno lasciato;
- educare ad una cittadinanza attiva, fatta anche di azioni atte a tutelare e valorizzare i beni architettonici e paesaggistici;
- contribuire a far apprezzare, a partire dai cittadini più giovani, il patrimonio culturale che il territorio possiede al fine di evitarne l'abbandono ed il degrado.

Nei quattro seminari già svolti, sono state affrontate le tematiche: Astronomia dei Megaliti, nell'Antico Egitto, nell'Antica Persia e Astronomia dei Maya. I successivi incontri riguarderanno l'Astronomia degli Inca, l'astronomia nel Medioevo e si concluderanno con l'archeoastronomia in Sicilia.

Il 20 e 21 marzo 2013 si è svolta la prima delle due visite guidate previste, avente per meta le Grotte della Gurfa (Alia-PA) ed il megalite di Arcivocalotto (San Cipirello - PA).

Col materiale foto e videografico prodotto, è stato realizzato un cortometraggio, cui è stato dato lo stesso nome dell'area di progetto, che ha partecipato al concorso *ArcheoCiak*, organizzato dall'Ente Parco della Valle dei Templi di Agrigento. Il video si è classificato al primo posto ed è stato pubblicato su vari portali tematici, come quello del Museo Civico di Rovereto (URL: <http://www.museocivico.rovereto.tn.it/rassegna>), ente che cura la Rassegna Internazionale del Cinema Archeologico.

Il filmato è visionabile su URL: <http://www.sperimentarea.tv/ondemand/alla-scoperta-dellarcheoastronomia>.

Oltre agli incontri già svolti, nel corso dell'anno scolastico appena iniziato si effettuerà la visita presso il sito dell'Argimusco (RNO del Bosco di Malabotta, Montalbano Elicona - ME).

3. La mostra interattiva di scienze *Sperimentare giocando, conoscere sperimentando*

Questa mostra ha costituito l'attività principale svolta a partire dall'a.s. 2009-2010 dalla sezione di Giarre-Riposto dell'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (A.I.F.).

Lo spirito della manifestazione è nella presentazione di *exhibit* da parte di gruppi di studenti. La preparazione viene svolta in classe o nei laboratori, sotto la guida di uno o

più docenti. Il risultato di questa attività viene quindi esposto ai visitatori (in genere, studenti di altri istituti, famiglie, ecc.).

Per ciò che riguarda l'astronomia, nel corso della seconda edizione (a.s. 2010-2011) un gruppo di studenti di una classe terza ha presentato un *exhibit* sull'osservazione del Sole nella riga H_α dell'idrogeno; la terza edizione (a.s. 2012-2013), ha visto gli stessi studenti proporre un'attività di simulazione con *Geogebra* riguardante i moti apparenti dei pianeti. In particolare, con l'aiuto del software di Geometria dinamica, è stato possibile far vedere come il moto retrogrado di Marte ha una spiegazione semplice nel modello eliocentrico piuttosto che nel modello geocentrico.

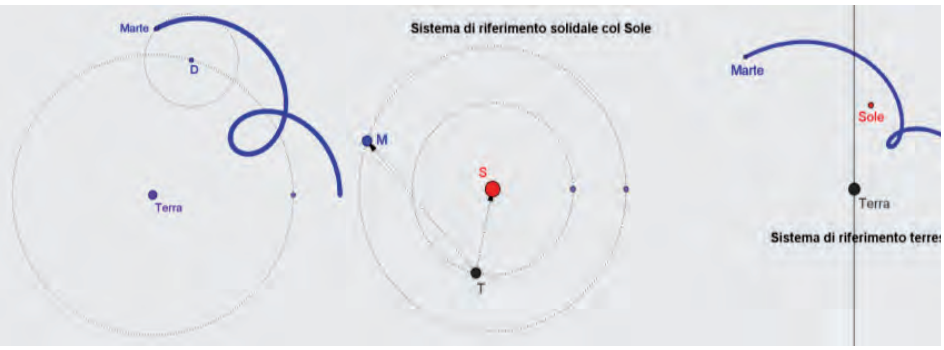


Fig. 3. Il moto retrogrado di Marte nel modello geocentrico (a sinistra) e nel modello eliocentrico (a destra), simulati mediante il software di geometria dinamica *Geogebra*

4. I laboratori PLS

Ormai da qualche anno, la Facoltà di Fisica dell'Università di Catania organizza un certo numero di attività laboratoriali nell'ambito del *Progetto Lauree Scientifiche* (PLS, progetto nazionale) coordinato dalla Prof.ssa Josette Immè, del Dipartimento di Fisica dell'Università di Catania (URL: <http://www.dfa.unict.it/laureescientifichecatania/>). Alcune di queste attività riguardano il campo dell'astronomia e dell'astrofisica, e qui accenneremo brevemente ai due laboratori di *astrofisica solare* e di *astrofisica bidimensionale*, entrambi svolti presso l'Osservatorio Astrofisico di Catania.

Il laboratorio di astrofisica solare consiste in tre giornate di attività, durante le quali si trattano aspetti riguardanti la fisica del Sole. Le attività pratiche, in particolare, sono inerenti a tematiche quali la velocità di rotazione del Sole o il calcolo della velocità radiale dei CME (*Coronal Mass Ejection*).

A tutto ciò, si sono sempre accompagnati approfondimenti, svolti in ore curriculari. In particolare, è stato affrontato il problema di una determinazione quanto più precisa possibile dei valori di latitudine e longitudine delle macchie dalle immagini (bidimensionali) del Sole, fornite dall'Osservatorio di Catania. Il metodo usato è

essenzialmente geometrico e anche qui si è fatto uso del software *Geogebra*. La figura che segue illustra la metodologia seguita (Fig. 4).

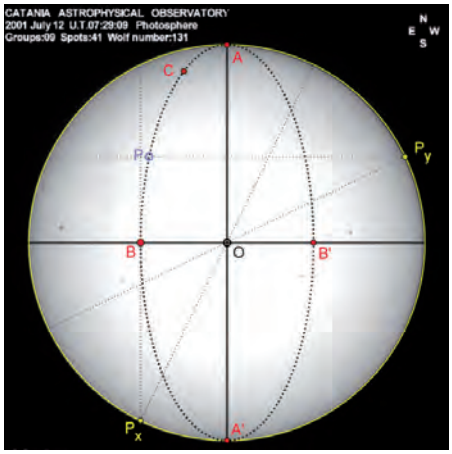


Fig. 4. Stima dei valori di latitudine e longitudine delle macchie solari con *Geogebra*

Le immagini del Sole vengono importate nell'ambiente geometrico e si sfruttano gli strumenti (sia geometrici che algebrici) che questo mette a disposizione. È stato allora possibile, seguendo differenti gruppi di macchie (a diversa latitudine), mettere in evidenza con discreta precisione i corrispondenti periodi di rotazione T in funzione della latitudine φ e confrontare questo risultato con il modello empirico di riferimento (Fig. 5):

$$T = \frac{360}{14{,}713 - 2{,}396 \sin^2 \varphi - 1{,}787 \sin^4 \varphi}$$

Variazioni giornaliere di latitudine e longitudine										
	Gruppo 1		Gruppo 2		Gruppo 3		Gruppo 4		Gruppo 5	
	Lat°	Long°	Lat°	Long°	Lat°	Long°	Lat°	Long°	Lat°	Long°
22-23 june	0,10	11,84	-0,14	13,61	-0,20	11,92	-0,39	12,28		
23-24 june	-1,08	13,49	-0,98	12,77	-0,58	13,47	-0,16	12,72		
24-25june	-0,42	13,43	-1,22	13,85	-0,88	13,88	0,59	13,39		
25-26 june	0,77	9,02	0,35	9,53	-0,02	9,09	-0,35	9,68	-0,09	9,33
26-27 june	-0,36	16,90	-0,57	17,46	-0,12	18,05			-0,32	18,83
27-28 june	-0,49	14,52	-0,11	14,77	0,90	16,48			-0,44	15,04
28-29 june	-0,50	10,80	-0,07	11,89	0,00	10,57			-0,52	11,50
29-30 june	1,05	7,67	0,18	8,56	0,94	7,83			0,13	7,70
30-1july	-0,35	17,92	0,39	17,76	0,26	17,36			-0,45	19,84
1-2 july	1,62	13,59	0,56	13,52	0,53	15,00			-0,29	14,05
2-3 july			0,48	13,05					0,87	12,15
Media		12,92		13,34		13,37		12,72		13,56
Dev STD		3,21		2,81		3,49		1,62		4,28
Periodo		27,87		26,98		26,94		28,30		26,56
Dev STD		6,93		5,68		7,03		3,61		8,38
Errore %		25%		21%		26%		13%		32%

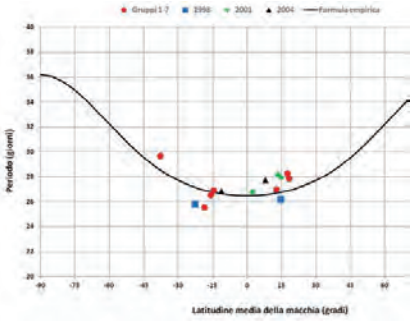


Fig. 5. Velocità di rotazione differenziale del Sole

Un'altra attività PLS ha riguardato lo studio del funzionamento di un sensore CCD e delle tecniche standard di calibrazione delle immagini astronomiche. Anche in questo

caso, l'attività è proseguita sia in ore curriculari che extra. Gli studenti coinvolti hanno avuto modo di operare con un sensore CCD per astrofotografia, realizzando delle immagini di oggetti del profondo cielo e di Luna, Sole e pianeti, come si dirà in dettaglio nel prossimo punto.

5. La fotografia in alta risoluzione e del cielo profondo

Come si è già accennato in premessa, la dotazione di attrezzature del nostro liceo comprende anche sensori CCD per astrofotografia, sia del profondo cielo che in alta risoluzione (Sole, Luna, pianeti). Durante le ore curriculari, per ovvi motivi, ci si è potuti dedicare solo al Sole; le altre attività sono state e vengono tuttora svolte in prima serata durante il periodo invernale. Non entreremo qui nei dettagli delle tecniche fotografiche utilizzate. Si distinguerà solamente la fotografia in alta risoluzione, usata per Sole, Luna e pianeti, da quella per il profondo cielo (nebulose, galassie, ecc.).

Nella fotografia in alta risoluzione, sono state usate delle camere di ripresa in grado di registrare filmati a 30 fps, ad una risoluzione di 1024×768, inserite al fuoco diretto (o tramite lente di Barlow 2×) di un telescopio di tipo Schmidt Cassegrain di diametro 280 mm e focale 2800 mm (quindi f/10 di apertura fotografica). Il filmato così ottenuto, tipicamente costituito da 1000÷2000 frames, viene elaborato con software che esegue la somma e l'allineamento dei singoli frames. Noi abbiamo utilizzato *Registax*, prelevabile gratuitamente da URL: <http://www.astronomie.be/registax/>.
Le foto che seguono (Fig. 6) sono alcuni esempi di ciò che si può ottenere.

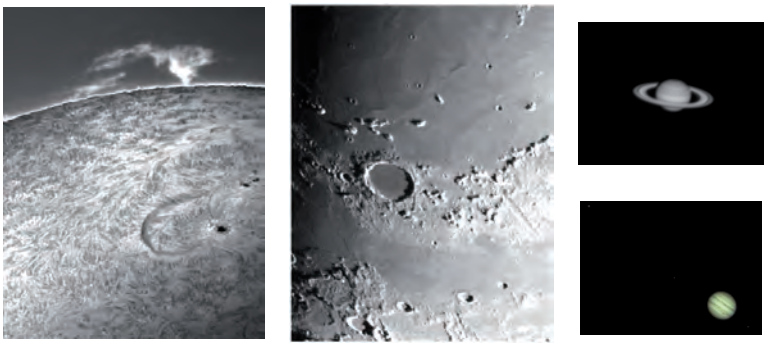


Fig. 6. Fotografia in alta risoluzione (Sole, Luna, pianeti)

La fotografia del profondo cielo ha caratteristiche totalmente diverse da quella appena descritta. In primo luogo, le focali utilizzate sono decisamente inferiori (500÷900 mm) e, a causa del debole segnale che arriva da questi oggetti, è necessaria un'apertura fotografica maggiore, che per i nostri strumenti varia tra f/5 e f/7. Questo tipo di fotografia è caratterizzata dalla necessità di effettuare esposizioni molto lunghe. Tipicamente, si

effettuano più esposizioni, ognuna della durata di 5÷20 minuti, che poi vengono calibrate e sommate. Le foto seguenti (Fig. 7) sono state ottenute, quella di sinistra (Nebulosa di Orione) effettuando 36 esposizioni di 5 minuti ciascuna (totale 3 ore), e quella di destra (Nebulosa Testa di cavallo), 12 esposizioni di 10 minuti ciascuna (totale 2 ore).

Fig. 7. Fotografia *deep sky*. A sinistra, la nebulosa di Orione; a destra, la nebulosa Testa di cavallo

Poiché il sito dal quale sono state effettuate le foto (Giarre - CT) ha un elevato tasso di inquinamento luminoso, è stato necessario utilizzare un filtro che ne effettua la riduzione.

6. Il corso di *Astronomia Osservativa*

Durante l'anno scolastico 2011-2012, l'Istituto ha organizzato, in collaborazione con la locale associazione Astrofili (Astrofili Ionico-Etnei) un corso di formazione, aperto sia agli studenti che ai docenti.

Fig. 8. Momenti del corso *Astronomia Osservativa*

Il corso (7 incontri di tre ore ciascuno) si è svolto tra il 22 novembre 2011 e il 18 aprile 2012, alternando momenti di teoria e di attività pratiche, svolte con i telescopi dell'Istituto e dell'Associazione.

Uno dei momenti più interessanti del corso è stato l'incontro-conferenza con l'astrofotografo Giovanni Benintende (URL: <http://www.astrogb.com/>). Così come l'attività PLS legata allo studio del funzionamento dei CCD, questo incontro ha costituito un momento di rivisitazione teorica e pratica delle tecniche astrofotografiche. Dopo la conferenza ed il dibattito, gli studenti hanno avuto l'opportunità di "provare sul campo" quanto appreso, sotto la guida del relatore.

7. Sviluppi futuri

Oltre a portare ancora avanti le attività fin qui descritte, è nostra intenzione intraprendere altri percorsi. In particolare, l'idea è quella di attivare attività sperimentali nel campo della fotometria e della spettroscopia. Nel primo caso, si pensa di cominciare con la misurazione delle curve di luce delle stelle variabili più conosciute. Per ciò che riguarda invece la spettroscopia, con gli strumenti a disposizione abbiamo già avviato alcune misurazioni preliminari sul Sole, ma l'obiettivo è quello di riuscire a effettuare misure su oggetti quali stelle, galassie, ecc.

Tutto queste attività, spesso svolte a titolo gratuito e dietro la spinta della grande passione per l'astronomia, sono state, sono e saranno attuate nella convinzione che fare qualcosa di istruttivo, e nel contempo divertirsi e far divertire, è una delle chiavi – non la sola, però – per aprire le porte della conoscenza, dello studio, della crescita culturale.

Bibliografia

Castaldi F. (2007). "Le ricchezze nascoste del *Sidereus Nuncius* e i periodi di rivoluzione dei satelliti di Giove". *Physis,* Seconda serie, 44 (2), pp. 377-392.

Romano P. (2010). "Le misure angolari di Galileo dei satelliti di Giove: analisi statistica e considerazioni didattiche". *Atti del XLIX Congresso Nazionale AIF* (Salerno, 20-23 ottobre 2010), in *La Fisica nella Scuola*, 44, supplemento al n. 2, pp. 58-69.

SISFA – Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia

Proceedings of the 33rd Annual Conference Acireale – Catania – Siracusa 2013

Edited by Lucio Fregonese and Ivana Gambaro

Abstract

The 33rd annual SISFA Conference (2013) developed through various sessions addressing a variety of themes in the History of Physics, Astronomy and Science from antiquity up to the 20th century. A considerable number of contributions focused investigation on historical scientific collections, also in connection with scientific education in Schools and Museums.

One Conference session, held in the prestigious seat of the *Accademia degli Zelanti e dei Dafnici di Acireale*, concentrated on the historical scientific traditions which evolved in Sicily, especially those related to physics and astronomy, and on the associated very remarkable historical heritage which survives in Universities and ancient Schools of the Island. The goal was to extend as much as possible our knowledge about this important cultural legacy and to encourage further studies.

Another topical session was devoted, in the Physics and Astronomy Department of the University of Catania, to the physicist Salvatore Notarrigo, with special regard to his studies and motivating role in the field of quantum mechanics foundations.

The final Conference session, open also to the public in the auditorium of the *Museo Archeologico Regionale "Paolo Orsi"* in Syracuse, offered a first-class overview on Archimedes, one of the very emblems of scientific creativity.

This volume collects the numerous articles presented for the Conference proceedings on subjects pertaining to the topical sessions and to various other themes in the History, Philosophy, Education and Communication of Science.

Lucio Fregonese *teaches History of Physics at the Physics Department of the University of Pavia. He focuses on the history of physics in the 18th and 19th centuries and on the cultural and educational applications of scientific heritage. Since 2012 he serves as President of SISFA.*

E-mail: lucio.fregonese@unipv.it

Ivana Gambaro *is associate professor (qualification) in Didactics and History of Physics (02A2 - FIS/08). Her research interests include 17th century astronomy and physics, 19th century Italian scientific periodicals and 20th century physics.*

E-mail: ivana.gambaro@unige.it