UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA
Sistema Museale di Ateneo

Museo della Tecnica Elettrica / *Museum of Electrical Technology*

Un anno al Museo 2010
Museum Year 2010

a cura di Antonio Savini
edited by Antonio Savini

Pavia University Press
Editoria scientifica

Editoria scientifica

Università degli Studi di Pavia
Sistema Museale di Ateneo

Museo della Tecnica Elettrica / *Museum of Electrical Technology*

Un anno al Museo 2010
Museum Year 2010

a cura di Antonio Savini
edited by Antonio Savini

PaviaUniversityPress

Museo della tecnica elettrica <Pavia>

Un anno al Museo 2010 = Museum year 2010 / a cura di Antonio Savini. - Pavia : Pavia university press. - VIII, 41 p. : ill. ; 30 cm.

ISBN 9788896764275

In testa al front: Università degli studi di Pavia, Sistema Museale di Ateneo, Museo della tecnica elettrica

1. Pavia - Università - Museo della tecnica elettrica - Annuari

I. Savini, Antonio

621.3 CDD-22 – Ingegneria elettrotecnica

© Antonio Savini, 2012 – Pavia
ISBN: 978-88-96764-27-5

Nella sezione "Editoria scientifica" Pavia University Press pubblica esclusivamente testi scientifici valutati e approvati dal Comitato scientifico-editoriale.
Texts published by Pavia University Press in the series "Editoria scientifica" have been peer-reviewed prior to acceptance by the Editorial Board.

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento anche parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i paesi. La fotoriproduzione per uso personale è consentita nei limiti e con le modalità previste dalla legislazione vigente.

No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without written permission from the editor.

Prima edizione: febbraio 2012

Il file PDF per la stampa, con immagini a colori, è disponibile ad accesso aperto nella sezione "Catalogo" del sito web <http://www.paviauniversitypress.it>.
Virtual URL <http://purl.oclc.org/paviauniversitypress/museo-elettrico/2010>

Editore / Publisher: Pavia University Press
Edizioni dell'Università degli Studi di Pavia
Via Ferrata, 1 – 27100 Pavia - Italia
<http://www.paviauniversitypress.it>

Stampato da / Printed by: Print Service – Strada Nuova, 67 – 27100 Pavia - Italia

Sommario / *Contents*

Presentazione / *Preface* VII

Il Centro Interdipartimentale di Ricerca per la Storia della Tecnica Elettrica
e il Museo della Tecnica Elettrica / *The Research Centre and the Museum* 1

Eventi dell'anno al Museo della Tecnica Elettrica / Events in the Museum

2010 3

Museum Day 2010 4

Annual Lecture 2010. Il futuro dell'energia
Adalberto Piazzoli, Dipartimento di Fisica Nucleare e Teorica dell'Università di Pavia, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare sezione di Pavia 5

Telecontrollo e Smart Grid. Scenari, tecnologie e applicazioni per la Grande Rete
(15 giugno 2010) 17

Efficienza energetica ed energie rinnovabili
(15 settembre 2010) 18

e-Navigation in the Maritime Domain
(9 ottobre 2010) 19

From Electric Oscillations to Marconi's Wireless Telegraph
(20 ottobre 2010) 20

Radio e Design. Forme di un oggetto domestico
(27 novembre 2010 - 28 gennaio 2011) 21

Radio in mostra / *Radio on Exhibition* 23

Nuove acquisizioni / *New Exhibits* 31

Pubblicazioni del Centro Interdipartimentale di Ricerca per la Storia
della Tecnica Elettrica / *Publications of the Research Centre* 33

A Museum of Modern Technology in an Ancient University 35

Presentazione

Un anno dopo il lancio del primo Rapporto annuale del Museo della Tecnica Elettrica esce *Un anno al Museo 2010* che documenta gli eventi promossi od ospitati e le principali acquisizioni del Museo nel 2010.

Momento centrale dell'anno è stato ai primi di marzo il Museum Day durante il quale si è tenuta la Conferenza Annuale (Annual Lecture) affidata al prof. Adalberto Piazzoli dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Il tema *Il futuro dell'energia* ha richiamato un largo pubblico. A quali energie ricorrere per soddisfare il consumo crescente? In previsione dell'esaurirsi delle fonti non rinnovabili (petrolio e gas) bastano le energie integrative (sole e vento) o bisogna ricorrere anche al nucleare? A queste domande, di larga e talora drammatica attualità, ha cercato di rispondere il prof. Piazzoli con una lezione scoppiettante e a tratti provocatoria, ricchissima di osservazioni non convenzionali. Il testo integrale della lezione è riportato nel Rapporto Annuale 2010 il quale comprende anche i risultati degli studi del Centro Interdipartimentale di Ricerca per la Storia della Tecnica Elettrica.

A fine 2010, sempre a cura del Centro di Ricerca, nel Museo è stata allestita una piccola e raffinata mostra che ha messo a confronto il design danese delle radio con quello italiano nel corso degli anni. Anche questa mostra è documentata nel Rapporto, il quale conserva la memoria dell'anno 2010 per tutti gli amici del Museo e per quanti hanno interesse per la storia della tecnologia elettrica.

Preface

One year after the launch of the first Annual Report of the Pavia Museum of Electrical Technology, Museum Year 2010 *appears describing events promoted by or hosted in the Museum and the new achievements in the Museum heritage. Key moment of the year, early in March, was the Museum Day when the Annual Lecture was delivered by prof. Adalberto Piazzoli from the Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. The subject of the Lecture "The future of energy" attracted a large audience. Which energy can match the increasing demand? In view of the finite duration of some primary sources (oil, gas) are integrative energies (sun and wind) sufficient or the nuclear solution is mandatory? These questions, which are largely topical and somewhat dramatic, were tackled by prof. Piazzoli in his sparkling and provocatory lecture, very rich of non conventional remarks. The full text of the lecture is included in the annual Report together with the results of the studies carried out by the Research Centre for the History of Electrical Technology.*

Later in 2010 the Centre promoted a little and charming exhibition comparing the Danish design of radios with the Italian one over the years. This exhibition too is described in the Report which preserves the memory of 2010 in the Pavia Museum for the friends of the Museum and for all those who have interest in electrical technology.

Il Centro Interdipartimentale di Ricerca per la Storia della Tecnica Elettrica (CIRSTE)

The Research Centre for the History of Electrical Technology

Comitato Tecnico Scientifico / *Technical Committee*

Antonio Savini, direttore
Ezio Bassi
Angelo Buizza
Alessandra Ferraresi
Lucio Fregonese
Luca Perregrini
Adalberto Piazzoli
Gian Franco Tommazzolli
Rosalinda Montagna, segretaria
Brian Bowers, componente cooptato
Edoardo Rovida, componente cooptato
Roberto Galdi, componente cooptato

Sistema Museale di Ateneo
University Museum System

Paolo Mazzarello, direttore

Il Museo della Tecnica Elettrica
The Museum of Electrical Technology

Personale / *Staff*

Francesco Pietra, tecnico curatore
Roberto Galdi, tecnico ricercatore distaccato dal Dip. di Ingegneria Elettrica presso il C.I.R.S.T.E.
Alessandra Bonizzoni, segretaria
Antonio Savini, direttore

Volontari del Servizio Civile Nazionale/*Volunteers*

Valeria Leonardi
Marta Di Salvo
Elisabetta Favacchio
Valentina Cinieri

Eventi dell'anno al Museo della Tecnica Elettrica

Events in the Museum

2010

Museum Day e Annual Lecture

"Il futuro dell'energia", A. Piazzoli, Pavia
6 marzo 2010

***

Conferenza

"Telecontrollo e Smart Grid. Scenari, tecnologie e applicazioni per la Grande Rete"
organizzato da AEIT, con la collaborazione dell'Università di Pavia,
con il contributo di Enel, A2A, Siemens
15 giugno 2010

Seminario

"Efficienza energetica ed energie rinnovabili"
organizzato da Rockwell Automation in collaborazione con Intercontrol
15 settembre 2010

Conferenza

"e-Navigation in the Maritime Domain", M. Fiorini, Roma,
in collaborazione con IET
9 ottobre 2010

Conferenza

"From Electric Oscillations to Marconi's Wireless Telegraph", S. Jeszenszky, Budapest
20 ottobre 2010

Presentazione del volume

"Marconi09. Comunicare senza fili: dai segnali ai suoni", P. Brenni, Firenze
20 ottobre 2010

Mostra

"Radio e design. Forme di un oggetto domestico"
27 novembre 2010 - 28 gennaio 2011

Sabato 6 marzo 2010

Museum Day 2010

Sabato 6 marzo si è celebrato il terzo Museum Day. La Conferenza annuale è stata tenuta dal prof. Adalberto Piazzoli dell'Università di Pavia sul tema *Il futuro dell'energia*. Sono stati trattati argomenti di grande interesse e attualità come l'evoluzione storica dei consumi energetici e il problema energetico del futuro. Si è anche cercato di rispondete alla domanda: servono le centrali nucleari?

Successivamente è stato inaugurato l'allestimento di un rivelatore di particelle a fibre ottiche già al Fermi Lab di Chicago, restaurato e trasferito al Museo grazie alla collaborazione tra il Centro di Ricerca per la Storia della Tecnica Elettrica e l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

On Saturday March 6 the third Museum Day was celebrated. The Annual Lecture was delivered by prof. Adalberto Piazzoli, University of Pavia, on "The Future of Energy". Topics of great interest were discussed especially the increased demand for energy. An answer to the question "do we need nuclear power stations?" was looked for.

Afterward the Museum was presented with a new acquisition, a particle detector based on optical fibres. It came from the Fermi Lab, Chicago, and was transferred and restored thanks to the cooperation of the Research Centre for the History of Electrical Technology and the Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

Annual Lecture 2010

Il futuro dell'energia

Adalberto Piazzoli, Dipartimento di Fisica Nucleare e Teorica dell'Università di Pavia,
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare sezione di Pavia

The lecturer reflected widely on the concept of energy, on the order of magnitude of power and energy in nature and on the consumption of energy at present and throughout the history.

After introducing the primary sources of energy and their expected duration, nuclear power stations were presented based on both nuclear fission and fusion. Dangers and risks of nuclear power stations were compared with those of conventional stations. In conclusion it was shown that nuclear stations are not so dangerous as generally people think and that the solution to the increased demand of energy cannot be based just on alternative sources of energy such as sun and wind.

1. Introduzione

Questa introduzione al tema che mi è stato proposto potrà apparire un poco scolastica e un poco accademica ma, vista anche la sua brevità, è meglio non tralasciarla. E poi il pubblico degli ascoltatori potrebbe anche essere diversificato. Dunque, cos'è l'energia?

L'energia è la capacità di compiere lavoro, e il lavoro non è sinonimo di fatica, ma è il prodotto scalare tra forza e spostamento:

$$L = \vec{F} \times \vec{s} \quad \text{o meglio} \quad L = \int \vec{F} \times \vec{ds}$$

L'energia si trasforma, si conserva, non è una invariante tra sistemi di riferimento diversi (non si deve confondere *conservazione* con *invarianza*). Il 1° Principio della Termodinamica stabilisce l'equivalenza tra energia e calore, ma il 2° stabilisce dei limiti nella loro reciproca trasformazione.

Potremmo esprimerlo in questi termini: qualunque sistema isolato evolve verso stati di maggior probabilità, cioè più disordinati, cioè con maggior entropia: $\boldsymbol{S = KlnN}$, come si legge sulla tomba di Boltzmann. E non c'era bisogno di Prigogine per chiarire che... per vivere bisogna... sporcare (auspicabilmente il meno possibile). È anche chiaro che consumare energia significa in effetti trasformarla in calore e la ritrasformazione di calore in lavoro è possibile, come fanno tutte le macchine termiche, ma nessuna con rendimento del 100%. Non è proprio conveniente raccogliere con apposite tubature il calore lasciato sulle strade per attrito dalle automobili e trasformarlo in forme più ordinate di energia, anche se è concettualmente possibile farlo.

Nel contesto socioeconomico l'energia è qualcosa di più della più preziosa delle materie prime, perché serve per fare quasi qualunque cosa, persino per pensare (poca per la verità): per far muovere un treno, le ali di una farfalla e anche per tenere in vita i suoi utilizzatori.

Due brevi notazioni, una relativistica e una quantistica:

- $\boldsymbol{E = mc^2}$ è la formula più famosa del mondo e significa che energia e massa possono trasformarsi una nell'altra (con di mezzo quell'enorme fattore che vale circa 10^{17}), tanto che i fisici nucleari e subnucleari usano per entrambe la stessa unità di misura: il MeV (*Megaelettronvolt*).

Per banalizzare, anche un corpo in quiete possiede un'energia... dormiente che può essere liberata a scapito della sua massa e, viceversa, anche l'energia... pesa.

Non così famoso è il principio di indeterminazione di Heisenberg:

$$\Delta\varepsilon \cdot \Delta\tau \geq h/2\pi$$

dove h è la costante di Planck, che vale circa $6 \cdot 10^{-34}$ J · S

Questa relazione permette una temporanea violazione della conservazione dell'energia, ma l'entità della violazione ΔE è inversamente proporzionale alla sua durata Δt.

Sembra irrilevante questa diavoleria quantistica e indubbiamente in questo contesto lo è. Però dà luogo a quello stravagante fenomeno detto *effetto tunnel* e questo tiene acceso il Sole, che è la nostra principale fonte primaria di energia.

L'unità di misura dell'energia nel *Sistema Internazionale* è il Joule (J), ma se ne usano alcune altre, come la caloria (= 4180 J), il kWh, il MWh, il GWh, il TWh (chilowattora, megawattora, gigawattora, terawattora, ogni passo è un fattore mille). Il TEP (Tonnellata Equivalente Petrolio e pari a 10^7 calorie), il MeV (= 1.6×10^{-13} J).

Solo per il fatto che spesso (quasi sempre!) i mass media confondono il kWh col kW, vorrei richiamare che il kW è un'unità di misura non dell'energia ma della potenza, che è l'energia prodotta, o consumata, nell'unità di tempo. Anche qui si usano il MW, il GW, il TW (quest'ultimo è pari a 10^{12} W). Il mitico *cavallo vapore* (HP), pari a circa tre quarti di kW è decisamente giù di moda.

2. Ordine di grandezza

Per ragionare di energie e di potenze è naturalmente necessario avere una buona dimestichezza con gli ordini di grandezza (dalla potenza di una portaerei a quella di una lucciola). Alcuni grandi fisici erano maestri nell'arte di stimare l'ordine di grandezza di qualunque cosa. Si dice che in un minuto Fermi abbia stimato l'ordine di grandezza del numero di accordatori di pianoforte di Chicago.

Le Tabelle 1 e 2 forniscono qualche ordine di grandezza rispettivamente di energie e di potenze.

Tabella 1. Energie: ordini di grandezza

1 kg di benzina	11 500 cal
1 kg di cioccolato	6 000 cal
1 kg di tritolo	4.2×10^6 J
Fissione di 1kg di U-235	2 kTEP
1 operaio in 1 anno	0,8 MWh
Condensazione di 1 km^3 di vapore acqueo saturo	10^{10} Cal

Tabella 2. Potenze: ordini di grandezza

Sole	6×10^{26}	W
Cellulare	≤ 1	W
Metabolismo basale (uomo o... donna)	70	W
LENA (Pavia)	250	kW
Caorso	840	kWe
Leonardo da Vinci	83 000	Cavalli
Tram	200	kW
Eurostar	8	MW
Portaerei	150	MW
Pila di Fermi	0,5 !	W
Lucciola	Non so	10^{-30} Soli?

Qualche osservazione sulla Tabella 2:

- il *metabolismo basale* di una persona (o di un animale) è la minima potenza necessaria per mantenerne le funzioni vitali;
- il pedice ***e*** alla potenza della centrale di Caorso significa *elettrico*. Sì, perché il rendimento di tutte le centrali è circa il 30% e quindi la potenza totale di quella di Caorso era di circa 2500 MW;
- i condizionatori... vanno in BTU, che pochi sanno per bene cosa siano: la sigla significa *British Thermal Unit* ed è definito come la quantità di calore necessaria per aumentare la temperatura di una libbra d'acqua da 60 a 61 gradi Fahrenheit ed è pari a circa 3,96 calorie. Ho citato il BTU solo per il fatto che quello dei condizionatori è un consumo energetico estivo di grande rilevanza, almeno nei paesi industrializzati.

Anche la Tabella 3 fornisce alcuni numeri significativi.

Tabella 3. Qualche altro numero

Costante solare (CS)	1 470 W/m²
CS media annuale a livello del mare	200 W/m² (totale $17x10^{16}$W)
Costante terrestre (dalla radioattività)	0,06 W/m² (totale $3x10^{13}$W)
Fabbisogno giornaliero uomo:	
Operaio	2 000/2 700 cal
Professore	1 300 cal
Filosofo	metabolismo basale

Vorrei segnalare la grande importanza del valore della costante solare (1470 W/m²) che è l'energia solare incidente sulla Terra fuori dall'atmosfera per mq e al secondo, perché da questo si possono ricavare un sacco di altre informazioni quantitative, quali il numero di neutrini emessi dal Sole in un secondo, e addirittura quanto gli rimane da vivere.

E la telegrafica Tabella 4 fornisce il gran totale degli attuali consumi (globali ed elettrici) dell'Italia e del mondo, nonché le potenze elettriche installate.

Tabella 4. Consumi energetici attuali

Totale	Italia	200 MTEP
Elettrico	Italia	300 TWh
Totale	Mondo	10 GTEP
Elettrico	Mondo	15 000 TWh

Le potenze elettriche installate sono circa: 80 GW in Italia e 3000 GW nel mondo.

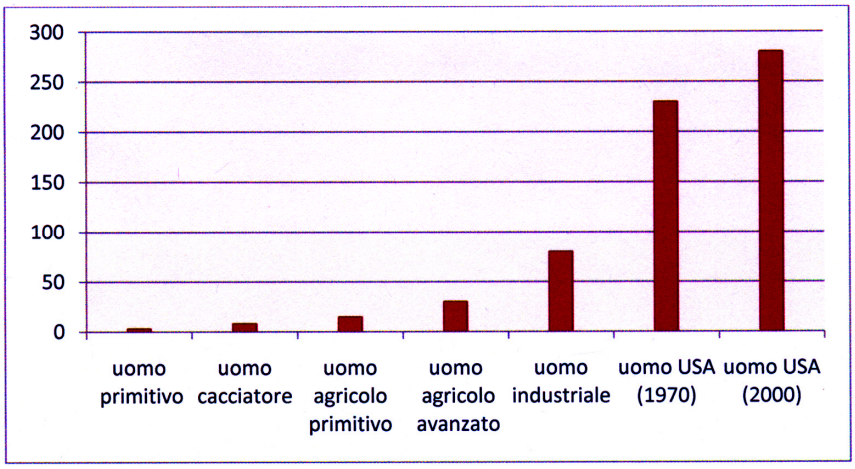
Nelle Tabelle 5, 6 e 7, qualche numero più dettagliato in riferimento ai consumi energetici in epoche e aree geografiche diverse. I dati si prestano a considerazioni socioeconomiche, politiche e morali che lascio agli ascoltatori.

Tabella 5. Distribuzione dei consumi

Fino a 5000 anni fa		100% per il cibo
Oggi nel mondo industrializzato		1/3 industria, 1/3 riscaldamento, 1/3 trasporti, (trascurabile il cibo)
Oggi per abitante all'anno:		
USA	7 TEP	
Europa	3 TEP	
Terzo Mondo	0,5 TEP	

Nel 2010 un miliardo di uomini è ancora senza energia elettrica.

Tabella 6. Distribuzione dei consumi



3. Fonti primarie

Cosa si intende per *fonte primaria* è troppo ovvio per doverlo spiegare e mi limito a una sommaria classificazione in Tabella 7.

Tabella 7. Fonti primarie

Fossili	petrolio
	carbone
	gas
Rinnovabili *(alternative, o integrative?)*	vento
	sole fotovoltaico
	sole termoelettrico
	sole termico
	idro
	geo
	bio
Uranio	(U_2O_3; 0,7% di U235 che è fissile, il resto è U238)
Idrogeno?	No! È un *vettore* non una *fonte*, perché bisogna... fabbricarlo

Due osservazioni:

- la sostituzione dell'aggettivo *alternative* con *integrative* per le fonti rinnovabili, è stato fortemente suggerito da una radicata opinione personale;
- non nascondo una certa dose di ironia nel richiamare il fatto che il Sole è in definitiva una centrale nucleare a fusione da 10^{15} TW (o meglio ancora una Bomba H) e... nemmeno schermata.

Ma, quanto dureranno le fonti primarie non rinnovabili? Occorre fare delle stime, tenendo anche conto dell'andamento previsto dei consumi.

La Tabella 8 riassume queste stime, che però non sono universalmente condivise.

Tabella 8. Disponibilità e durata delle fonti primarie

Petrolio	2.000 GB (vedi sotto)	50 anni (*Picco di Hubbert*)
Gas	130 GTEP	60 anni
Carbone	5.400 GTEP	500 anni
Uranio:		
	3 Mton a 80$/kg	
	4,5 Mton a 120$/kg	
	19 Mton a 260$/kg	
	20 Gton a 1.000$/kg	

Osservazioni:

- la stima per il petrolio, espressa in GB, che significa miliardi di barili e un barile è pari a 159 litri, è legata al celebre *Picco di Hubbert*, che si basa su considerazioni economiche e geologiche e che gode di un certo consenso;
- per l'uranio occorrono diverse precisazioni perché, per esempio, non è a tutti noto che attualmente incide solo per il 5% sul costo del kWh prodotto da una centrale nucleare.
  Le centrali di III e IV generazione, di cui si dirà, aumenteranno drasticamente il *burn up*, cioè la percentuale di combustibile effettivamente utilizzato e quindi diminuiranno i consumi di uranio per kWh prodotto. Senza contare che oggi non tutti i paesi trovano economicamente conveniente riprocessare le barre di combustibile irraggiato, ma domani...

La brevissima Tabella 9 indica il ricorso alle principali fonti primarie, fossili e nucleare, dell'Italia e del mondo: può sorprendere il 5% di nucleare italiano ma, come detto, non è... italiano, bensì... francese e venduto all'Italia.

Tabella 9. Ricorso alle fonti primarie

Mondo	80% fossili	7% nucleare	13% altre
Italia	88% fossili	5%* nucleare	15% altre

** Tutto importato dalla Francia, alla quale abbiamo già pagato... 8 centrali nucleari.*

4. Le centrali nucleari

Ho l'ardire di rammentare brevemente il principio di funzionamento di una centrale elettrica (termica, idrica o nucleare che sia), perché potrebbero essere presenti studenti, anche liceali e non e mi è capitato, più di una volta, di sentirne qualcuno che pensava che l'energia elettrica per uso domestico o industriale, fosse fornita da... pile sistemate dietro le prese di corrente: ecco, non è affatto così!

Solitamente sui libri elementari di Fisica e di Elettrotecnica è rappresentato lo schema ipersemplificato del tipo qui riportato:

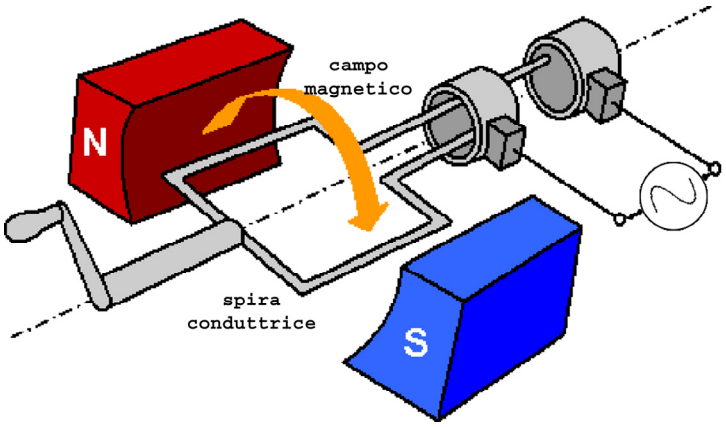


Figura 1. Schema concettuale di una centrale elettrica

Se qualcuno gira la *manovella* (turbina), nella spira conduttrice immersa nel campo magnetico varia il flusso concatenato e allora, per la *legge dell'induzione elettromagnetica*, si genera una differenza di potenziale (tensione) alternata e sinusoidale, con la stessa frequenza della rotazione della spira, se questa è costante. Frequenza e tensione sono standardizzate in quasi tutto il mondo a 50 Hertz e 220 Volt (non in USA).

Chi ha visitato una centrale elettrica si renderà conto dell'abisso tra la realtà e lo schemino di principio di cui sopra, che però svolge egregiamente la sua funzione esplicativa. E non voglio parlare del *trifase*, del *380*, del *cosfi*, delle cabine di trasformazione e via discorrendo.

L'aspetto che riguarda da vicino il tema della conferenza è molto semplice: chi gira la *manovella*?

Deve essere ben chiaro che per girarla bisogna compiere lavoro prelevando energia da qualche fonte primaria e questo non tanto a causa degli attriti meccanici, ma a causa del fatto che sulla spira percorsa da corrente (quando questa è chiusa) il campo magnetico esercita delle forze che si oppongono alla rotazione (*legge di Lenz*).

Le centrali elettriche possono ben essere suddivise in: idroelettriche, termoelettriche, elettronucleari. E proprio non occorrono altre spiegazioni. Potremmo ancora suddividere le termoelettriche in centrali a petrolio, a carbone, a gas. In ogni caso si tratta di scaldare, o vaporizzare, una certa quantità di acqua che, investendo le pale della turbina (direttamente o scaldando l'acqua di un circuito secondario) la pone in rotazione.

Anche nelle elettronucleari si tratta di produrre... acqua calda, ma questa volta senza alcuna combustione, perché il calore proviene dalle reazioni nucleari che avvengono nel *nocciolo* della centrale. Quindi niente produzione di CO_2, ma ne riparleremo più avanti.

5. Le centrali nucleari (CN)

Qui dobbiamo partire un po' più alla larga, se vogliamo capire perché una reazione nucleare di fissione rilascia energia. In Figura 2 è riportato il grafico dell'energia di legame nucleare per *nucleone* (protone o neutrone) in funzione del numero di massa A, che è poi il numero totale di nucleoni.

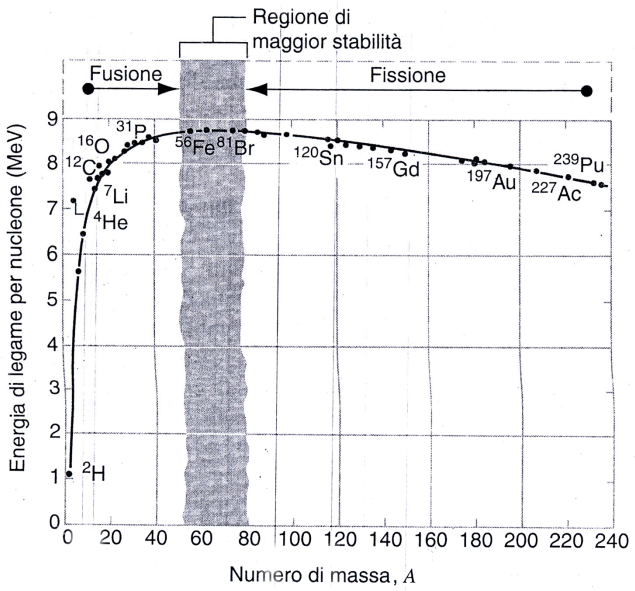


Figura 2. L'energia di legame nucleare

Due caratteristiche balzano subito all'occhio:

- il grafico inizia con una rapida salita, termina con una dolce discesa e l'altopiano si trova a circa 8 MeV per nucleone;
- un nucleone è legato in un nucleo da una decina di MeV, mentre un elettrone è legato in un atomo da una decina di eV: c'è un fattore 10^6!

Si intuiscono subito due possibilità per ottenere energia, come indicato in Figura 2: occorrono reazioni che diano luogo a nuclei più legati, liberando così l'eccesso di energia (si tenga presente che l'energia di legame è negativa). La fissione avviene anche spontaneamente per alcuni nuclei pesanti, come U-235 e Pu-239 (plutonio), ma non la fusione. Perché?

A causa della *barriera colombiana:* due nuclei di deuterio (A=2) si fonderebbero a formare Elio-4 e rilasciando una decina di MeV sottoforma di energia cinetica (che poi diventerà calore) dei prodotti delle reazioni D+D –› P+^{3}H, D+D –› N+^{3}He, ma per farlo devono superare la repulsione colombiana, cioè una barriera, perché D possiede una carica elettrica. A conti fatti, la barriera è alta circa 1 MeV, che corrisponde all'impronunciabile temperatura di circa 10 miliardi di gradi e a cui dovrebbe essere portata una certa quantità di deuterio. Ma per fortuna c'è il già citato effetto tunnel che consente di scavalcare quantisticamente la barriera, come se venisse scavato... un tunnel.

Però, come sarà ben noto, le centrali a fusione non sono ancora state realizzate (nemmeno quelle a... fusione fredda) e tra poco vedremo perché.

Per entrambe le reazioni il problema è l'autosostentamento, cioè il raggiungimento di uno stato di equilibrio in cui avviene un certo numero di reazioni al secondo con un rilascio graduale di energia.

Con la fissione il problema si risolve grazie alla famosa *reazione a catena*: l'U-235 fissiona in due grossi frammenti, non sempre quelli, come mostrato in Figura 3 e con l'emissione di 2,6 neutroni (N) in media.

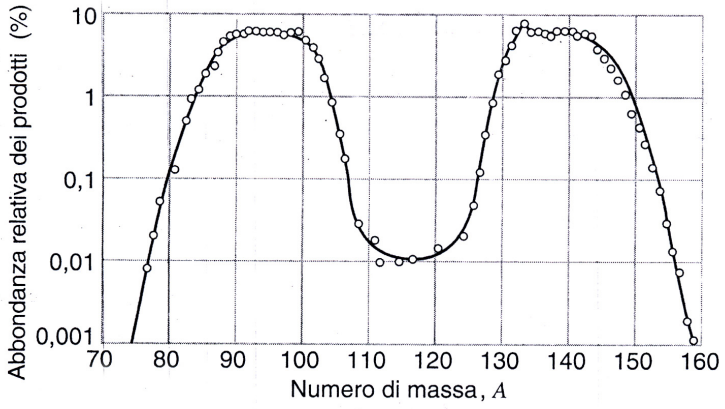


Figura 3. Distribuzione dei prodotti di fissione, fissione dell'U-235
U-235 –› x+y + 2.6N + 200 MeV (circa)

Sono questi neutroni che, interagendo con altri nuclei, li inducono a fissionare prima che lo facciano spontaneamente e questi a loro volta... I neutroni sono tanto più efficaci a indurre fissioni quanto più sono lenti (è questa la scoperta da premio Nobel di Enrico Fermi) ed è per questo che in un reattore nucleare occorre un *moderatore* che, inframmezzato tra le barre di combustibile rallenti i neutroni, senza assorbirli.

Per l'autosostentamento della fusione occorre invece che il calore prodotto sia sufficiente a provocare altre fusioni e per ottenere questo è necessario che la densità del deuterio (allo stato di plasma) moltiplicata per il tempo di *confinamento* superi un dato limite critico e che la temperatura raggiunga valori dell'ordine di 100 milioni di gradi, ben superiore a quella del Sole.

Come sarà ben noto, nonostante grandi sforzi, nessuno è ancora riuscito a realizzare una centrale a fusione, nemmeno sperimentale. Ci si è riusciti solo in un modo esplosivo e incontrollato che si chiama *Bomba H* e che è stata realizzata una sessantina di anni fa, poco dopo la *Bomba A* (a fissione).

Tanto per schematizzare, le parti essenziali di una CN a fissione sono:

- Le barre di combustibile a Uranio arricchito.
- Il moderatore.
- Il refrigerante (solitamente acqua che, riscaldata o vaporizzata dai prodotti di fissione, va a sbattere sulle pale della turbina, ponendola in rotazione. In alcuni tipi di CN sulle pale arriva l'acqua di un circuito secondario accoppiato col primario).
- Le barre di controllo (contenenti boro che cattura neutroni con grande efficacia; con il loro inserimento costituiscono un *freno* e con la loro estrazione un *acceleratore*.

È opportuno che moderatore e refrigerante coincidano (e a Chernobyl non era così: refrigerante acqua e moderatore grafite) in modo che la sua eventuale perdita accidentale tenda a spegnere il reattore evitando l'aumento incontrollato della temperatura.

La potenza delle CN va da 100 a 1600 MWe (III generazione) con un rendimento di circa il 30%. Il reattore nucleare di Pavia, ormai l'unico in Italia, è di 250 kW e non è affatto una pur piccola CN, perché non produce energia elettrica, ma solo fasci di neutroni per ricerche varie, anche sui... capelli d Napoleone.

Si è soliti suddividere le CN in quattro generazioni:

- La I G è pressoché estinta in tutto il mondo.
- La II G è la quasi totalità delle CN attualmente in funzione nel mondo (circa 440).
- La III G si suddivide a sua volta in due tipi principali EPR (*European Pressurided Reactor*) e Api 1000 (USA). Sono in costruzione alcuni esemplari, ma nessuna è ancora in esercizio.
- La IV G è in fase di avanzata progettazione ed è fortemente innovativa. Si suddivide in SFR, LFR, GFR e altre ancora. Con refrigerante a Sodio liquido (S), a Piombo liquido (L) o a Gas (G). La F presente in tutte le sigle significa *fast*, cioè *veloce,* perché questi reattori sono senza moderatore e quindi i neutroni non vengono rallentati. Il combustibile è U-238 e una carica *una tantum* di plutonio: i neutroni, emessi dalla fissione del plutonio, interagendo con l'U-238, ricreano il plutonio, attraverso questa catena di reazioni:

N + U-238 –› U-239 –› Np-239 –› Pu-239

In definitiva si consuma solo U-238 e non plutonio.

Le 440 CN oggi in esercizio nel mondo sono localizzate in 30 paesi diversi e 155 in 13 paesi dell'*Europa a 25* . Producono il 17% dell'energia elettrica del mondo e il 7% di quella totale.

Nella Tabella 10 è riportato il numero di CN in una decina dei principali paesi del mondo.

Tabella 10. Numero di centrali nucleari in alcuni Paesi

USA	103	Francia	59	Russia	23	Svezia	10
Cina	10	Svizzera	4	Slovenia	1	Italia	0 !

L'Italia non ne possiede nessuna, ma ne ha avute quattro: Latina, Garigliano, Trino, Caorso.
Tutte in via di smantellamento (*decommissioning*) e stava per averne una quinta a Montalto, riconvertita a policombustibile a seguito dell'esito del referendum del 1987.

È da segnalare che negli anni Sessanta e solo con le prime tre citate, l'Italia era all'avanguardia in Europa, poi il caso Ippolito e altre faccende... .

La potenza totale delle CN del mondo era di circa 250 GW nel 1986 e di circa 370 GW nel 2010.

È importante questo dato, spesso ignorato dai nemici del nucleare, perché se è vero che vi è stata una pausa nella costruzione di nuove CN (anche perché alcuni paesi sono vicini alla saturazione), è anche vero che la potenza installata è notevolmente aumentata rendendo più efficienti le CN già esistenti. E comunque il numero delle CN attualmente in costruzione nel mondo è compreso tra 30 e 40.

7. Il problema delle scorie

Una CN di II G da 1 GW produce 100 m^3 all'anno di scorie radioattive, di cui 90 classificate a bassa attività, 7 a media e 3 ad alta. Un accordo internazionale prevede che almeno quelle ad alta attività vengano stoccate in depositi a centinaia di metri di profondità localizzati in siti opportuni e geologicamente stabili per... milioni di anni. Le scorie da stoccare devono essere poste in contenitori in cemento e acciaio e vetrificati. Alcuni di questi depositi sono in costruzione in vari paesi e alcuni sono già in funzione, anche se appare evidente la mancanza di grandi urgenze. Trino ha nei suoi depositi, provvisori e in superficie, 1600 contenitori e Caorso 4000, senza alcun credibile rischio per decine e anche centinaia di anni.

Non si può non rammentare che i depositi non hanno nulla della *discarica* o della *pattumiera*, ma semmai della *clinica* o del *centro di ricerca*, sotto il costante controllo delle condizioni di sicurezza. Si facesse così anche per la sterminata produzione di rifiuti urbani e industriali tossici!

È poi confortante la prospettiva della IV G di eliminare quasi del tutto le proprie scorie.

8. Danno e rischio delle CN

Il danno radioattivo provocato da una CN da 1 GW in 1 anno di normale esercizio alla popolazione più esposta, è pari a un decimo di quello provocato da una usuale radiografia.

Con la III G la stima di rischio per *l'incidente massimo possibile* (MIC), che è poi la fusione del nocciolo, è la seguente: 10^{-7} per anno e per reattore. Significa per esempio che con mille CN in funzione c'è da aspettarsi un MIC ogni diecimila anni. E spero che nessuno voglia confondere *probabilità* con *frequenza*.

La III e la IV G saranno anche *a sicurezza intrinseca* o *passiva*.

Significa che al verificarsi di un malfunzionamento, il reattore si auto spegne senza bisogno di interventi umani né di appositi dispositivi, ma sulla base di ineludibili leggi fisiche. Per di più tutto l'impianto è contenuto in un doppio guscio di acciaio, tanto che i piani di emergenza non prevedono più alcun raggio di evacuazione della popolazione. Il doppio guscio è a prova di bomba, di atti terroristici e di terremoto; per un eventuale bombardamento atomico... ci stanno pensando.

In 50 anni, equivalenti a 12.000 anni reattore, sono avvenuti nel mondo 130 incidenti nucleari, di cui due seri (Three Miles Island e Chernobyl).

Nella Tabella 11 è riportato un confronto, sotto vari profili, tra centrali termoelettriche (petrolio o carbone) e centrali nucleari, naturalmente a parità di potenza.

Tabella 11. Un confronto tra centrale termoelettrica (CT) e nucleare (CN) da 1 GW

	CT	CN
Quantità annua di combustibile	3 Mton	200 ton
CO2 emessa all'anno	6 – 7 Mton	Zero
SO2 – NOx emessi all'anno	50 – 80 ton	Zero
Radioattività emessa all'anno	70 kg	Zero
Scorie prodotte all'anno	70 000 – 300 000 mc	100 mc
Costo	2 GEuro	3 GEuro

Un dato decisamente poco noto è la quantità di radioattività emessa dal camino di una centrale in condizioni normali di esercizio. Come si evince dalla Tabella 11, una CT emette più radioattività di una CN! Sì, perché in qualunque materiale, anche carbone e petrolio (e anche nel corpo umano) sono contenuti 3 o 4 parti per milione di U-238.

9. Conclusioni

- Il nucleare
  non è dannoso
  non è rischioso
  non è inquinante
  è economicamente competitivo

  e allora *WHY NOT?*
- Sole e vento
  sono intermittenti
  sono inaffidabili
  sono costosi
  sono sostanzialmente *non provati*
  sono deturpanti e ... inquinanti

producono anch'essi scorie (pannelli fotovoltaici).

- Lascio agli ascoltatori i confronti del danno e del rischio tra il nucleare e le altre fonti, limitandomi a ricordare le molte *maree nere* di petrolio, la diga del Vajont e che le vittime accertate di Chernobyl sono 58, secondo la commissione dell'ONU appositamente nominata.

- È da chiarire che i cosiddetti *filonucleari* non si oppongono a qualunque altra fonte primaria, ma propongono un *cocktail* comprendente anche una ragionevole percentuale di nucleare, senza la quale non ritengono risolubile il problema energetico nazionale.

- Una valutazione: per risparmiare il 30% di petrolio necessario a tutto il sistema di trasporti italiano sostituendolo col bioetanolo ottenuto da mais, occorrerebbe coltivare a mais una superficie di 300 000 km^2, che è pari a quella dell'intero territorio nazionale.

Martedì 15 giugno 2010

Telecontrollo e Smart Grid.
Scenari, tecnologie e applicazioni per la Grande Rete

Il termine Smart Grid per le reti di potenza e comunicazione è una parola chiave che prospetta grandi opportunità, soprattutto nel settore dell'energia. Le reti integrate di potenza, controllo e dati offrono un significativo numero e una varietà di proposte applicative a partire dalla produzione e distribuzione di potenza elettrica, dalla sua gestione integrata in una prospettiva energetica globale con il gas, l'acqua e le altre fonti di energia. A questo obiettivo si è rivolto il convegno, attraverso rassegne teoriche e di prospettiva, presentazione di progetti internazionali e descrizione di esperienze concrete e attuali.

The term Smart Grid for power and communication networks is a key word announcing great opportunities, particularly in the field of power. The integrated networks of power, control and data offer a number of various applications for the production and distribution of electric power to the integrated management in a larger context including gas, water and other energy sources.

This was the subject of the meeting which included theoretical investigations, the presentation of international projects and the description of actual cases.

Mercoledì 15 settembre 2010

Efficienza energetica ed energie rinnovabili

LISTEN. THINK. SOLVE.

EFFICIENZA ENERGETICA E ENERGIE RINNOVABILI SEMINARIO

Seminario organizzato da Rockwell Automation in collaborazione con Intercontrol

INVITO

PAVIA, 15 SETTEMBRE 2010

INTER CONTROL

Allen-Bradley · Rockwell Software · Rockwell Automation

AGENDA

14:00	**Benvenuto e registrazione partecipanti**
14:15	**Introduzione**
14:30	**Motori Elettrici – ATB Brook Crompton** - Risparmio Energetico con Motori in Bassa Tensione ad Alta Efficienza - Nuove Normative di riferimento IE2 e IE3
15:15	**Avviamento motore con SoftStarter – Rockwell Automation** - Confronto tra le differenti modalità di avviamento dei Motori Elettrici - Benefici elettromeccanici ottenibili con gli avviatori graduali
16:00	**Pausa Caffè**
16:15	**Azionamenti Elettrici – Rockwell Automation** - Risparmio Energetico ottenuto attraverso l'utilizzo di Inverter - Variazione di velocità e Ottimizzazione del Processo
17:00	**Benefici Fiscali - Intercontrol** - Incentivi Fiscali per l'acquisto di Inverter, Motori Elettrici ad alta efficienza, Gruppi Statici di Continuità e Batterie di Condensatori.
17:30	**L'offerta Intercontrol alle aziende - Intercontrol** - Analisi dei consumi - Quadri con Rifasatori singoli, SoftStarter, Inverter - Sistemi di monitoraggio - Impianti di generazione distribuita (Fotovoltaico, Cogenerazione)
18:15	**Sessione aperta a Domande e Riposte**
18:45	**Chiusura Lavori e Aperitivo**

Il benvenuto sarà a cura del Prof. Ing. Antonio Savini, Direttore del Museo della Tecnica Elettrica.

Il Museo della Tecnica Elettrica ha l'obiettivo di presentare il patrimonio storico della tecnica elettrica ed il suo impatto su tutti gli aspetti della vita quotidiana, in una dimensione internazionale coprendo l'intero arco di tempo dalle origini ai giorni nostri. Collocato a Pavia, rappresenta un omaggio permanente ad ALESSANDRO VOLTA, inventore della PILA ELETTRICA e professore presso l'Università di Pavia.

Il 15 settembre il Museo della Tecnica Elettrica ha ospitato un Seminario organizzato da Rockwell Automation, Milano in collaborazione con Intercontrol e con la partecipazione di ATB Brook Crompton. Il Seminario ha presentato misure e metodi per ridurre i costi energetici che influenzano pesantemente i bilanci aziendali. Sono stati trattati temi quali il monitoraggio dei consumi, la generazione distribuita, l'utilizzo di motori ad alta efficienza e l'uso di avviatori graduali di motori asincroni e di *inverter* per azionare pompe e ventilatori con portata e pressione variabili.

On September 15 the Museum hosted a Seminar organized by Rockwell Automation in cooperation with Intercontrol and with the participation of ATB Brook Crompton. The Seminar proposed measures and methods reducing the cost of electric energy which is more and more important in the budget of users. Some of the subjects discussed were the monitoring of consumptions, the distributed generation, the use of motors with high efficiency, the adoption of soft starters for asynchronous motors and of inverters driving pumps and ventilators working at variable load.

Sabato 9 ottobre 2010

e-Navigation in the Maritime Domain

Il 9 ottobre 2010 presso il Museo della Tecnica Elettrica si è tenuta una conferenza promossa dal CIRSTE in collaborazione con IET Italy Network sul tema *e-Navigation in the Marittime Domain*.

Il dott. Michele Fiorini, Presidente di IET Italy Network e dirigente di Selex - Sistemi Integrati, Roma, ha messo in luce le sfide e i problemi tecnologici delle attuali comunicazioni marittime.

Il movimento delle merci per mare, sul quale si è basato il commercio mondiale per secoli, ha registrato cambiamenti sostanziali nelle ultime decadi per quanto riguarda il numero e le dimensioni delle navi in un'economia mondiale interconnessa che richiede sempre più efficienza e sicurezza.

É stato sottolineato, in particolare, come il problema della sicurezza è diventato una priorità dopo l'attacco terroristico del settembre 2001.

On Saturday 9 October the Pavia Museum of Electrical Technology hosted a lecture, jointly organized by IET (Institution of Engineering and Technology, London) and CIRSTE, entitled e-Navigation in the Maritime Domain.

Michele Fiorini, Ph.D, a principal engineer at Selex - Sistemi Integrati and the Chairman of IET Italy Network, presented the technical scenario for e-navigation and explained the challenges met and the progress made to date. The movement of goods by sea, which supported the world commerce for centuries, has seen substantial changes during the last decades. Also maritime security has become a priority after the terrorist attack of 11 September 2001.

Mercoledì 20 ottobre 2010

From Electric Oscillations to Marconi's Wireless Telegraph

Il dott. Sandor Jeszenszky del Museo Elettrotecnico di Budapest ha tenuto una brillante lezione sull'origine delle onde elettromagnetiche di fronte a un pubblico numeroso comprendente molti studenti universitari. La lezione è stata accompagnata da una serie di spettacolari esperimenti.

Successivamente Paolo Brenni, Presidente della Scientific Instrument Society, ha presentato il volume *Marconi09: Comunicare senza fili dai segnali ai suoni*. Il volume, curato dal Centro di Ricerca per la storia della Tecnica Elettrica dell'Università, raccoglie la documentazione della mostra e della serie di conferenze tenutesi presso il Museo della Tecnica Elettrica nel 2009 in occasione delle celebrazioni per il centenario del conferimento del Premio Nobel a Guglielmo Marconi.

Dr. Sandor Jeszenszky, Budapest Museum of Electrotechnics, delivered a brilliant lecture on the origin of electromagnetic waves to a large audience including many university students. The lecture was accompanied by spectacular demonstrations.

Then Paolo Brenni, President of the Scientific Instrument Society, presented the book Marconi09: Wireless communication from signals to sounds. *The book, edited by the University Research Centre for the History of Electrical Technology, includes the texts of the exhibition and the texts of the lectures given at the Pavia Museum of Electrical Technology in 2009 on the occasion of the celebrations of the centenary of the Nobel Prize awarded to Guglielmo Marconi.*

27 novembre 2010 - 28 gennaio 2011

Radio e Design. Forme di un oggetto domestico

Mostra temporanea / Temporary Exhibition

La mostra, proposta presso il Museo della Tecnica Elettrica dal Centro di Ricerca per la Storia della Tecnica Elettrica dal 27 novembre 2010 al 28 gennaio 2011, ha ruotato attorno a un nucleo centrale di raffinate radio d'epoca prodotte dalla casa danese Bang & Olufsen a partire dagli anni Trenta.

La radio che annunciò la modernità della comunicazione senza fili, divenne ben presto un'ospite importante nelle case e il nuovo interesse del mercato spinse il mondo industriale a prestare una particolare attenzione all'oggetto radio. Molti progettisti si impegnarono nel coniugare le esigenze dello sviluppo tecnologico con quelle di una nuova estetica moderna, con il risultato di una moltiplicazione delle varianti possibili dell'icona di base.

La mostra ha messo a confronto il design nordico di Bang & Olufsen con il design italiano di firme importanti come Mollino, Castiglioni e Zanuso.

The exhibition, proposed by the Research Centre for the History of Electrical Technology at the Pavia Museum of Electrical Technology from November 27, 2010 to January 28, 2011, focussed on a selection of charming antique radio receivers produced by Bang & Olufsen, a Danish company, from the 1930s to the present day. Radio, making use of the wireless communications, soon entered into private houses and the interest of the market encouraged the industrial world to pay attention to radio as a design object. Many designers committed themselves to combine the new technology with the requirements of modern aesthetics, resulting in a number of different shapes of the basic icon of radio receivers.

The exhibition compared the Danish design of Bang & Olufsen with the Italian one of designers such as Mollino, Castiglioni and Zanuso.

Radio e Design.
Forme di un oggetto domestico

Radio and Design.
Shapes of a home appliance

il Design Danese dalla Collezione Pezza
ed il Design Italiano dalla Collezione Pria,
una storia di forme.

the Danish Design from the Pezza Collection
and the Italian Design from the Pria Collection,
across the history.

27 novembre 2010 - 28 gennaio 2011

Radio in mostra / *Radio on Exhibition*

Collezione Pezza

Radio Hiperbo 1934
Radio BEO Master 38K, 1937-38
Radio BEO Master 39K, 1938-39
Radio Junior 39, 1938-39
Radio Master Delux 41, 1940-41
Radio Beolit 1939
Radio Beolit 41 1940-41
Radio Grand Prix 42 K, 1941-42
Radio Mini 43, 1942-43
Radio e giradischi Standard 505 1949-50
Radio Jet 505, 1949-50
Radio Grandessa 506K, 1950-51
Radio Jet 507 K, 1951-52
Radio Mini 508, 1952-53
Radio BEO Mini 510K, 1954-55
Radio BEO 510 RG, 1954-55
Radio LL Cardinal 571, 1956-57
Radio BEO Mini 513, 1957-58
Radio JET 514, 1958-59
Radio BEO Mini 606 K, 1959-60
Radio BEO 1400, 1977-79
Radiotransistor Beolit, 1959
Radiotransistor Beolit, 1961
Radiotransistor Beolit 400, 1973
Radiotransistor Beolit 505, 1971
Radiotransistor Beolit 600, 1972
Radiotransistor Beolit 707, 1975
Televisore BEO Capri 607, 1960
Televisore Beovision 1800, 1965-67
Televisore Beovision LX 2500, 1986-87
Registratore a nastro Beocord 507 K, 1953
Registratore Beocord, 1963
Giradischi BEO, 1936
Impianto stereo BEO Center 7700, 1982-83
Impianto stereo BEO Center 9000, 1986-88
Impianto stereo BEO Overture, 2006
Casse REO Vox, 1980-82

Bang&Olufsen production

Bang&Olufsen
BEO Center 7700

Bang&Olufsen
BEO Overture System 2300

Collezione Pria

Radio Vignati e Melotti Crosley baby, 1932-33
Radio CGE Superette 11, 1933-34
Radio Irradio Dopolavoro, 1933-34
Radio Savigliano Super 5, 1937-39
Radio Savigliano 91, 1936-37
Radio Savigliano 92, 1937-38
Radio Ducati RR3401, 1941-46
Radio Phonola 547, 1940-47
Radio Safar 525, 1945-48
Radio Brion Vega 126, dal 1965
Radio Brion Vega TS 502, dal 1965
Radio Brion Vega RR 127, 1968-72
Regency TR1, 1954
Europhon
Uranya
Voxson 725, 1956-57
Voxson Magic
Standard Micronic Ruby
Phonola Bilik
Phonola Segnor
Phonola Poker
Global GR 711
Geloso g16-250

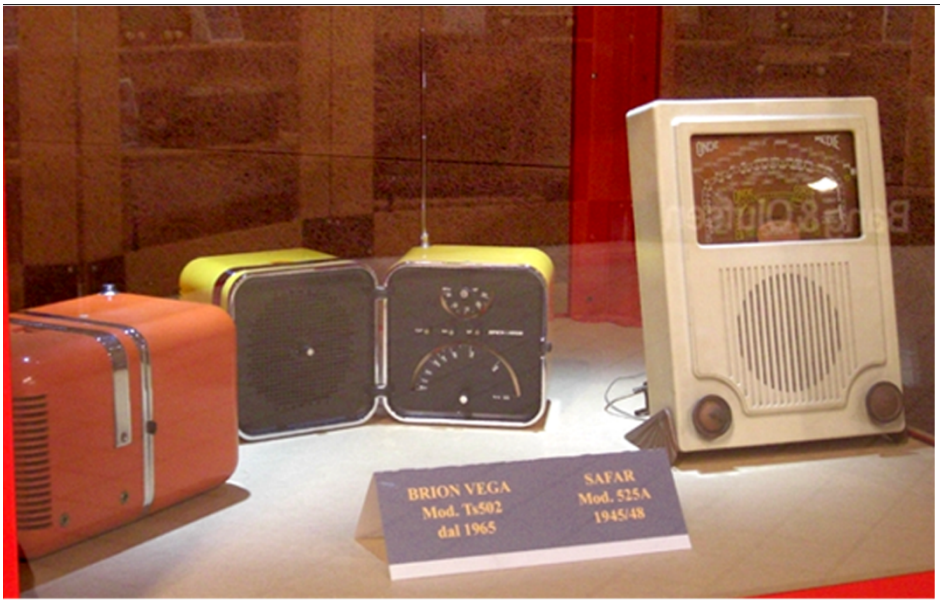
Phonola, mod. 547 - 1940~1947

Ducati 1941/1946 ***Mod.RR 3401***

Anni Trenta

C.G.E. ***Superette 11***

Super 5 **Officine di Savigliano** ***Mod.39***



BRION VEGA - mod. TS502, dal 1965 **SAFAR - mod. 525A, 1945/48**

Regency TR1
Europhon
Uranya
Voxson 725
Voxson Magic
Standard
Micronic Ruby
Phonola Bilik
Phonola Segnor
Phonola Poker
Global GR 711
Geloso g16-250

BRION VEGA
Mod. 126 FO-ST dal 1965

Nuove acquisizioni / *New Exhibits*

Nel corso del Museum Day 2010 il prof. Sergio P. Ratti dell'INFN di Pavia ha presentato un elemento di rivelatore di particelle che è stato trasferito da Chicago a Pavia con la collaborazione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Sezione di Pavia, ed è entrato a far parte del patrimonio del Museo.

Si tratta di una parte di un calorimetro adronico che misura l'energia totale liberata da tutti gli adroni, particelle subnucleari provenienti da una macchina acceleratrice a bersaglio fisso. Il calorimetro è stato parte essenziale del sistema di comando dell'esperimento FOCUS condotto presso il laboratorio Fermi di Batavia, USA. Esso consta di 29 piastre di ferro intercalate da 28 piani di rivelatori attivi. Il rivelatore attivo esposto è composto da 66 piastrelle di plastica, ciascuna delle quali è circondata da una fibra ottica. Quando una particella carica attraversa una piastrella viene emesso un tenue lampo di luce ultravioletta che la fibra ottica registra e trasporta ai collettori fuori dal calorimetro, trasformandolo in un impulso elettrico. L'architettura delle fibre ottiche di collegamento è studiata in modo che tutte abbiano la stessa lunghezza e non si incrocino tra di loro. Se nella semioscurità con una semplice torcia si illumina una piastrella, sul retro del pannello si vede tutta la tortuosa traiettoria percorsa dalla fibra ottica fino al terminale disposto sul bordo.

Il calorimetro adronico è un rilevante contributo italiano a un esperimento internazionale di assoluta rilevanza condotto negli anni 1990. È interessante notare che la necessità di trasferire ed elaborare la mole di dati sperimentali provenienti da rivelatori di questo tipo condusse Tim Berners Lee del CERN di Ginevra a implementare la grande ragnatela mondiale del web.

New Exhibits

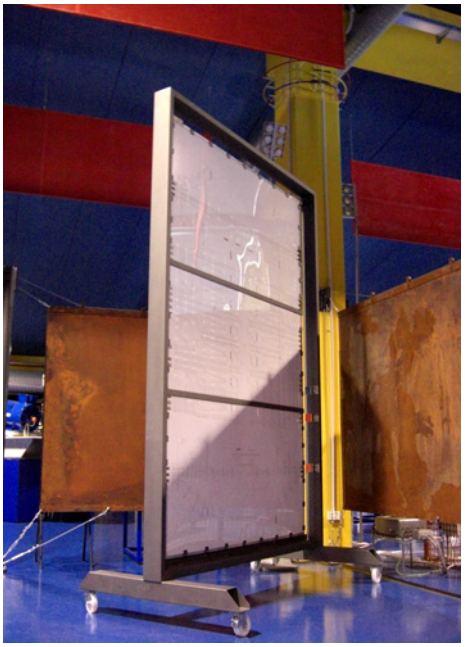
During the 2010 Museum Day prof. Sergio P. Ratti, INFN Pavia, presented a part of a particle detector transferred from Chicago to Pavia, thanks also to the Pavia Section of the Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN).

The new exhibit, an important acquisition for the Museum, is a part of an hadron calorimeter measuring the total energy of hadrons, subnuclear particles generated by an accelerating machine with fixed target. The calorimeter belonged to the driving system of the FOCUS experiment carried out at the Fermi Lab, Batavia, USA. It consists of 29 iron plates separated by 29 planes of active detectors.

The detector exhibited is composed by 66 plastic tiles, each of which is surrounded by an optical fibre. When a charged particle crosses a tile, a weak ultraviolet light is emitted that the fibre detects, transforms into an electric pulse and transfers to external collectors.

The architecture of optical fibres is designed so that all of them have the same length and do not cross. If in the dark a simple electric torch lights a tile, on the back of the detector the trajectory of the optical fibre can be seen up to the terminal.

The hadron calorimeter represents a remarkable Italian contribution to an important international experiment carried out in the 1990s. It is interesting to note that it was the need of transferring and elaborating the huge amount of data resulting from these detectors that led Tim Berners Lee of CERN in Geneva to introduce the large network of the world wide web.



Pubblicazioni del Centro Interdipartimentale di Ricerca per la Storia della Tecnica Elettrica (CIRSTE)

Publications of the Research Centre

2010

GALDI R. – PIETRA F. – SAVINI A. – BOWERS B.

A Museum of Modern Technology in an Ancient University

Universeum, Uppsala, 2010.

> Nel 2011 l'Università di Pavia celebrerà 650 anni dalla fondazione dello Studium Generale. Nella sua lunga storia questa Università ha creato musei scientifici per collezionare cose originali e curiose a scopo didattico. Molti di questi musei tuttora esistono ma la loro missione è cambiata: non raccolgono più il nuovo ma conservano l'antico.
> Il Museo della Tecnica Elettrica è diverso. La sua origine risale alle ultime due decadi del Novecento quando si cominciò a collezionare apparati vecchi e nuovi a scopo didattico, continuando in tal modo la missione originale dei Musei universitari. Messa insieme una imponente collezione, fu edificato un edificio moderno per ospitarla. Il Museo fu aperto nel 2007. L'articolo descrive l'origine e la missione di questo museo moderno con le sue specificità.

SAVINI A. (a cura di)

Un anno al Museo 2009 / Museum Year 2009

Pavia University Press, Pavia, 2010, ISBN 978-88-96764-04-6.

> Museum Year 2009 is the first annual Report of the activities of the Pavia Museum of Electrical Technology. It describes the events promoted by or hosted in the Museum in 2009 and the main contribution to the Museum collections in that year. The Report also lists the results of the studies carried out by the Research Centre attached to the Museum. It also includes the full text of the invited Annual Lecture on the history of electric light which was delivered by Brian Bowers early in March on the occasion of the Museum Day.

GALDI R. – PIETRA F. – SAVINI A.

Radio Broadcasting and its Political Use in Italy between the Two World Wars

Proc. HISTELCON 2010, Madrid, 3-5 November 2010.

Le trasmissioni radio in Italia iniziarono nel 1924 quando fu fondata l'URI (Unione Radiofonica Italiana), dopo tre anni sostituita dall'EIAR (Ente Italiano Audizioni Radiofoniche) e nel 1944 dalla RAI (Radio Audizioni Italiane).
Le trasmissioni furono utilizzate per l'intrattenimento, per l'informazione, per pubblicità commerciale e anche per propaganda politica. L'articolo approfondisce questo ultimo aspetto nel periodo tra le due guerre mondiali. La radio fu usata intensamente, in particolare, per diffondere i discorsi di Benito Mussolini anche in luoghi non raggiungibili dalla stampa. Il Governo ne fece largo impiego per cercare di educare la gente, particolarmente i giovani e gli abitanti delle zone rurali.

SAVINI A. (a cura di)

Marconi09. Comunicare senza fili: dai segnali ai suoni

Università di Pavia, 2010.

This book brings together documents from the Marconi 09 Project which took place in 2009 at the Pavia Museum of Electrical Technology. The panels of the exhibition celebrating Guglielmo Marconi and the great revolution of wireless communications are reproduced. Pictures of the exhibits, including original instrumentation produced by the Marconi Wireless Telegraph Company and a valuable collection of non-industrial radio-receivers carrying the trade mark Marconiphone from 1922 onwards, are shown. Finally the texts of a series of lectures, given in association with the exhibition, highlight the life and activity of Marconi and various aspects of the complex history of radio and its applications.

A Museum of Modern Technology in an Ancient University

Roberto Galdi, Francesco Pietra, Antonio Savini and Brian Bowers
Research Centre for the History of Electrical Technology (CIRSTE), University of Pavia

Dal 17 al 20 giugno 2010, al Museum Gustavianum, di Uppsala, Svezia, si è tenuto l'XI Universeum Network Meeting curato dalla European Academic Heritage Network avente come tema *Il patrimonio storico-culturale accademico: il presente e il futuro*.

A tale congresso il CIRSTE ha partecipato con un articolo dal titolo "Un museo della tecnologia moderna in un'antica università". Esso ha preso spunto dalle celebrazioni, programmate per il 2011, per i 650 anni della fondazione dell'Università degli Studi di Pavia. In particolare è stato messo in luce il ruolo giocato dai musei scientifici nati durante la lunga storia di questa antica università.

Alcuni di questi musei ancora esistono ma la loro missione è cambiata, in particolare essi non si occupano di collezionare nuovo materiale bensì di preservare ciò che è stato precedentemente acquisito.

Il Museo della Tecnica Elettrica di Pavia è diverso, nato alla fine del XX secolo quando vecchi e nuovi apparati elettrici cominciarono a essere collezionati a fini didattici riprendendo e continuando così la missione originaria di un museo universitario.

Si è costituita quindi una vasta collezione che ha trovato la sua naturale collocazione in un edificio moderno appositamente realizzato ed ufficialmente inaugurato nel marzo del 2007.

L'articolo presentato a Uppsala descrive la missione di questo museo moderno e il nuovo concetto di attività museale che esso rappresenta.

Figure 1. Statues' court yard, University of Pavia

Figure 2. Aula Volta, University of Pavia

1. An ancient University with ancient Museums

The University of Pavia, in Northern Italy, is among the oldest universities in Europe. The higher education institution already established in Pavia in 825 A.D. became a Studium Generale in 1361 by a decision of Emperor Charles IV, King of Boemia, at the request of Gian Galeazzo Visconti, Duke of Milan. The foundation Charter, issued in Nuremberg on 13 April 1361, gave the Studium the right to

grant degrees that would meet general acceptance, "enjoying all manner of privileges such as are enjoyed by Paris, Bologna, Oxford, Orleans and Montpellier".

So in 2011 the University of Pavia will be celebrating 650 years of continuous existence. The University flourished particularly in the 15th century and in the second half of the 18th century. In the latter period the enlightened Austrian Government, then ruling over much of central Europe, also promoted scientific studies at the University of Pavia. A Government decision, in 1771, stated that the activities in the University should be paid to the creation of libraries and scientific cabinets equipped with modern instrumentation for experimental lectures and demonstrations to the public.

Eminent professors were appointed, including Lazzaro Spallanzani (1729-1799) for natural history, Alessandro Volta (1745-1827) for experimental physics and Antonio Scarpa (1752-1832) for anatomy. They received special financial support from the Government to set up scientific displays and to collect new materials and instruments, either prepared locally or bought elsewhere or donated. For this purpose they had to travel to see other collections, approach private collectors and recruit technicians. The objects were then used in lectures, public demonstrations and for research.

This was the origin of the most prestigious scientific collections of the University of Pavia.

Figure 3. Volta in an experiment at the French National Institute in November, 1800

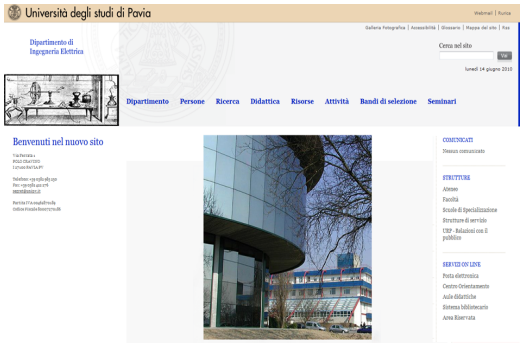


Figure 4. Department of Electrical Engineering, web site home page

Soon after their foundation, however, these collections ceased to acquire new objects and became "museums" – deposits of old materials and instruments to be preserved and shown as antiquities. In 1936 the collections were incorporated into the Museum of History of the University of Pavia. In turn this Museum became, in 2005, part of the Sistema Museale d'Ateneo, the University's museums organization established to coordinate the activities of all the various museums of the University in all fields. The Sistema Museale includes the Museum of the History of the University, the Museum of Natural History, the Museum of Mineralogy, the Museum of Archeology, the Museum of Human Anatomy the Botanical Garden besides other smaller collections, and the Museum of Electrical Technology.

2. Engineering at the University of Pavia

Over the centuries the University of Pavia offered degrees in theology, law, arts and medicine. Although the subjects of military architecture, geometry and surveying were sometimes included in mathematics courses, first degree courses in engineering and architecture were officially introduced by the Austrian Reform of 1771, already mentioned. Those who were granted the degree then received practical training by engineers in workshops.

In 1859, when the unification of Italy started, the new Italian Government stated that practical training courses should be concentrated in two Institutes of Technology, one in Turin and the other

in Milan. For over a century therefore the University of Pavia continued to offer only introductory courses in engineering.

In the academic year 1962-1963, by an agreement with the Technical University of Milan, originated from the Institute of Technology and founded in 1863, a full degree course in electrical engineering was established in the University where Alessandro Volta was a professor for many years. The separate Department of Electrical Engineering was set up in 1986.

3. Planning a new Museum of Technology

In the last two decades of the twentieth century the Department began to collect old and new electrical apparatus for teaching purpose. This was the basis of the Museum of Electrical Technology which thus continued the original tradition of scientific museums established in the eighteenth century which collected original and curious things as teaching aids.

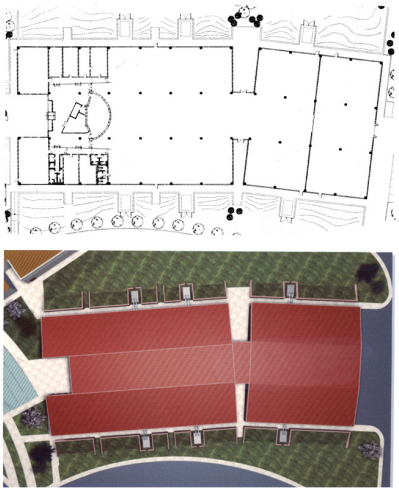


Figure 5. Aerial view of the Museum

Figure 6. Front view of the Museum

In the field of technology generally, and of electrical technology in particular, the rate of change in the past few decades has been impressive. Change has been so rapid that products become obsolete within a few years. The evidence of recent technology therefore disappears unless somebody is careful to preserve representative objects. Manufacturers are so busy updating their products and matching market needs, that little or no time is devoted to keeping a record of the past. This task, therefore, has to be undertaken by others, possibly public institution preserving the heritage of the past to educate future generations. This consideration prompted the Department of Electrical Engineering to collect examples of old and new technology. The collection soon grew, aided by donations from companies and individual collectors. In order to promote research on this huge heritage collection and, more generally, on the evolution electrical technology and its impact on society, the University set up in 1998 the Centro Interdipartimentale per la Ricerca sulla Storia della Tecnica Elettrica, a multi-disciplinary research environment for historians, technologists and scientists.

In 1999 the Italian Electricity Board, (ENEL), decided to place on loan with the University of Pavia all the exhibits from its own Museum of Electric Energy, formerly based in Rome. In that year also the bicentenary of the invention of the electric battery by Alessandro Volta, professor of the

University of Pavia, was celebrated. The University therefore decided to pay a permanent tribute to its eminent rector by establishing a new Museum of Electrical Technology. The Museum would exhibits material illustrating the progress of electrical technology from Volta to the present day and beyond. The Museum inherited the University collection and the entire Enel Museum. Two years later SIRTI, a leading company in the field of telecommunications decided to transfer, on loan, its own Museum of telecommunications to the Pavia Museum. These three collections together cover almost every aspect of electrical technology from power to information technology. The new museum is therefore able to take place in its field, with the major technological museums in Europe.

4. The mission of the Museum

The mission of the Pavia Museum of Electrical Technology includes:

- To save, restore and keep products of electrical technology, showing its evolution from the origins of electrical industry and applications to the present time.
- To illustrate, by means of saved heritage, key moments in the history of power and communications.
- To promote study and research on the origin and development of electrical technology.
- To develop educational activities and disseminate technical culture.
- To encourage visit by school children and the public at large, helping them to become conscious of the history of the science, technology, economics and culture of their own region in a national and international context.

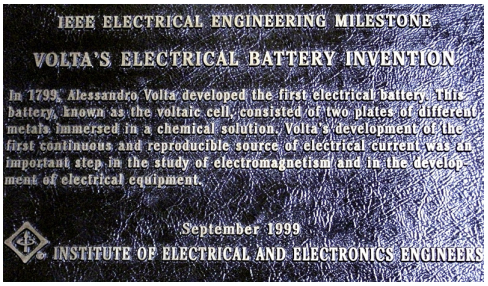


Figure 7. Volta's milestone plaque

Figure 8. Pupils at the Museum

The Museum collects and exhibits both the old and the new. The permanent Exhibition is accompanied, from time to time, by temporary exhibitions on specific subjects.

The Museum was established by and in the University, first of all, for teaching. The first expected visitors, therefore, were University students who could find a live presentation of science and technology. Sometimes engineering education has tended to cancel rather than stimulate the sense of history, and young engineers may get the impression that the technology they are learning now has no past and will never change in the future. We know, however, today's engineers learn from past failures and successes, and the development of engineering is based on the knowledge of the past as well as of the present. Students need to form the habit of considering the historical dimension of problems they meet. Visiting a museum of technology helps students understand the interaction between technology and history.

Another criticism of traditional engineering education is that generally it fails to show the social and economic implications of technology. Students therefore do not perceive the social dimension of technology – how it has affected society and been affected by society. A visit to museums where technological achievements are described in their social context can profitably support engineering education.

Finally, meeting real products of technology in a museum can help students to have a better understanding of things they have seen only in books. Both books and museums contribute to a better understanding of technology.

The Pavia Museum, however, which was found also by other public institution, is open to the general public who, attracted by fascinating objects exhibited, are encouraged to think about the way electricity comes into everyday life.

Figure 9. Brown three phase generator

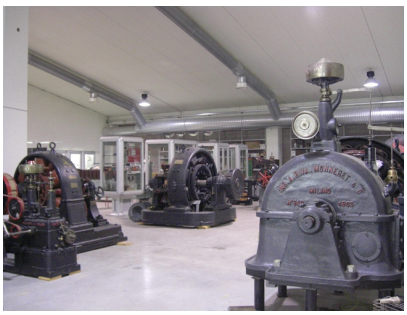


Figure 10. A view of the 2nd hall

5. The Museum building

The Museum was established in March 2000 by an agreement between the University of Pavia and the Regional, Provincial and Town administrations. Building work was completed in 2005, and the Museum opened in March 2007.

The Museum building is in the new campus of the University of Pavia and covers some 5.000 square metres. There are three main areas: two halls and a service area including a library, a meeting room and a room for temporary exhibitions.

The main exhibition hall, which is open to the general public, is laid out chronologically and shows how electricity has been produced, distributed and used for both power and communication from the first experiments to the present time. The second hall, which is intended for specialists, has most of the collections arranged by subject.

In a technological Museum the technology is not only exhibited but also used to show the exhibits and describe their operation in a modern and attractive way. Touchscreens and new lighting technologies are widely used.

Figure 11. Another view of the 2nd hall

Figure 12. The tram in the Museum

6. Visiting the museum: a tour through electrical history

The main hall is divided into five sections which encourage the visitor to make a journey through the history of electricity. The five sections are:

- Up to about 1880.
- The final years of the nineteenth century.
- The early twentieth century.
- The latter half of the twentieth century.
- Today and the future.

The Museum does not claim to cover everything, but it displays valuable exhibits along a fascinating journey.

The journey starts with experiments with rubbed amber and loadstone and includes an appropriate tribute to Alessandro Volta. A plaque presented by the IEEE commemorates his invention of electric battery as a milestone in the history of technology. Important among the older exhibits in the communications field are collections of telegraphs and telephones. Important power objects are an Edison-Hopkinson dynamo machine and a Brown three phase generator from the hydro-electric station at Paderno d'Adda (Lecco). Particularly attractive to the public are a tram of 1928, a doctor's X-ray cabinet of about 1930, the signalling control panel of a railway station of about 1940, a modern wind generator, domestic appliances of various periods and an exhibit on electricity in cars.

There are exhibits on the continuing miniaturization of computers and information technology equipment. Looking to the future there are exhibits on renewable energy, the prototype of a nuclear fusion experiment to represent the search for plentiful power.

Tours of the Museum can follow that chronological pattern, or they can be guided by a specific theme, such as "generation of power", or "telecommunications", or "electric light". School groups or other visitors on a tour are encouraged to use the interactive touchscreens. Receiving such groups is part of the mission of the Museum, and by observing them the Museum can check the effectiveness of its communication.

7. The activity of the Research Centre

In 1998 the Department of Electrical Engineering set up the Centro Interdipartimentale di Ricerca per la Storia della Tecnica Elettrica (Research Centre for the History of Electrical Technology). Various other Departments of the University joined the Centre which officially became a Research Centre of the University on 17 July 1998.

The aim of the Centre is to:

- Study the evolution of all aspects of electrical technology.
- Collect, restore and study the technical heritage.
- Foster the understanding of history of technology by the public.
- Promote the teaching of the history of technology.

The Centre is generally responsible for planning of the Museum, appointing the Planning Committee and caring for the collections.

Over the years the Centre has promoted studies on various aspects of the history of electrical technology and it has organized scientific meetings and events.[1] The latest event arranged by the Centre in 2009 was the Marconi 09 project, a special exhibition and a series of related lectures commemorating the centenary of the award of the Nobel Prize to Guglielmo Marconi for the development of wireless telegraphy.

8. Conclusion

In an ancient University this modern Museum continues the original mission of University Museums, collecting both old and modern technology and using it as an aid to teaching.

Bibliography

Hermans, J.M.M. – Nelissen, M. (2005), *Charters of Foundation and Early Documents of the Universities of Coimbra Group*, Leuven University Press, Leuven.

Musei e collezioni dell'Università di Pavia (2003), Hoepli, Milano.

Savini, A. (2001), *A New Museum of Electrical Technology in Pavia: A Public Museum in a University Campus*, OECD Ed., Paris, pp. 179-186.

Savini, A. – Galdi, R. – Pietra, F. (a cura di) (2008), *Museum of Electrical Technology, Guide Book*, TCP, Pavia.

[1] *The full list of events and of publications can be found at <http://www.unipv.it/cirste>.*

Un anno dopo il lancio del primo *Rapporto annuale del Museo della Tecnica Elettrica* esce *Un anno al Museo 2010* che documenta gli eventi promossi od ospitati e le principali acquisizioni del Museo nel 2010.

Momento centrale dell'anno è stato, ai primi di marzo, il Museum Day durante il quale si è tenuta la Conferenza Annuale (Annual Lecture) affidata al prof. Adalberto Piazzoli dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Il tema *Il futuro dell'energia* ha richiamato un largo pubblico. A quali energie ricorrere per soddisfare il consumo crescente? In previsione dell'esaurirsi delle fonti non rinnovabili (petrolio e gas) bastano le energie integrative (sole e vento) o bisogna ricorrere anche al nucleare? A queste domande, di larga e talora drammatica attualità, ha cercato di rispondere il prof. Piazzoli con una lezione scoppiettante e a tratti provocatoria, ricchissima di osservazioni non convenzionali. Il testo integrale della lezione è riportato nel *Rapporto Annuale 2010,* che comprende anche i risultati degli studi del Centro Interdipartimentale di Ricerca per la Storia della Tecnica Elettrica (CIRSTE).

Nel Museo, a fine 2010, sempre a cura del Centro di Ricerca, è stata allestita una piccola e raffinata mostra che ha messo a confronto, nel corso degli anni, il design danese delle radio con quello italiano. Anche questa mostra è documentata nel *Rapporto*, che conserva la memoria dell'anno 2010 per tutti gli amici del Museo e per quanti hanno interesse per la storia della tecnologia elettrica.

Nella sezione "Editoria scientifica" Pavia University Press pubblica esclusivamente testi scientifici valutati e approvati dal Comitato scientifico-editoriale. www.paviauniversitypress.it/scientifica

ISBN 978-88-96764-27-5

€ 5,50

PaviaUniversityPress

Edizioni dell'Università degli Studi di Pavia