

Giorgio Dragoni

Con la collaborazione di Gloria Belvederesi, Lidia Bernardini, Massimo Di Rocco, Paola Fortuzzi, Magda Giorgi, Martina Lodi e Sergio Tamburini.

dragoni@bo.infn.it – Fax: 051\247244

Dipartimento di Fisica – Museo di Fisica – Sistema Museale d'Ateneo – Università degli Studi di Bologna
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare – Sezione di Bologna

La Bilancia di Cavendish



Come pesare la Terra!

Premessa

Il Museo di Fisica di Bologna da più di 20 anni svolge attività didattica per le scuole dell'obbligo grazie ad una convenzione stipulata tra Università e Comune di Bologna.

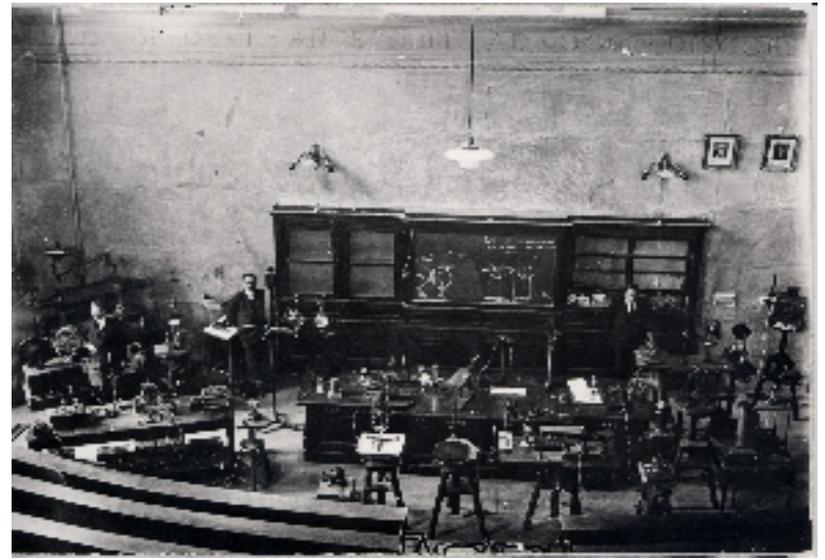
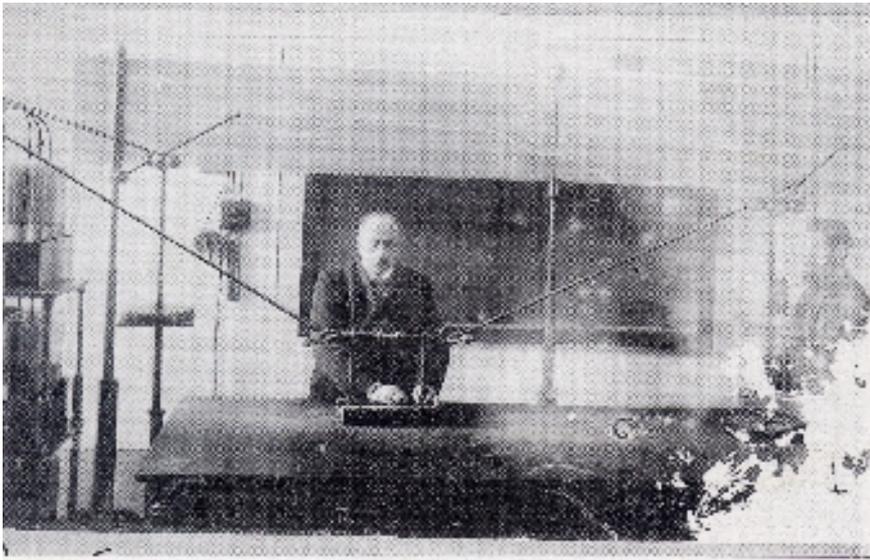
Con l'obiettivo di realizzare un'efficace didattica, tramite la proposta di attività di laboratorio, sono stati realizzati numerosi apparecchi didattici ed esperimenti, sia di carattere semplice (grazie alla collaborazione della Falegnameria INFN), che complesso (tramite la collaborazione dell'Officina INFN).

Più in generale lo scopo della nostra attività, per venire incontro alle esigenze di allievi di istruzione superiore, è quello di affiancare ai modelli educativi della Fisica attuale, prevalentemente di tipo verbale e/o astratto, tradizionali o virtuali, l'impiego di modelli didattici concreti, secondo una consuetudine a lungo praticata nella didattica della Fisica, e poi abbandonata.

Proponiamo cioè una didattica effettuata mediante la realizzazione di modelli reali, presi dalla storia della fisica, e che siano saturi di informazioni, di concetti, di idee, di teorie e di difficoltà realizzative, in modo da consentire agli allievi che li progettano e li realizzano - ma anche a quelli che li utilizzeranno direttamente - una via educativa diretta, ma anche piacevole e divertente, alla Fisica.

Esempi di Grandi Insegnamenti Didattico-Sperimentali del Passato

I Casi di Augusto Righi e Quirino Majorana



Attività già effettuata

- Per quanto riguarda l'attività del Museo di Fisica, dal 1990 ad oggi, sono stati progettati Percorsi Didattici per la Scuole dell'Obbligo su temi inerenti: Meccanica, Ottica, Termologia, Elettromagnetismo, Acustica, ecc., per i quali sono stati realizzati, direttamente o grazie alla collaborazione della Falegnameria INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) di Bologna, centinaia di modelli didattici a “costo zero”.
- Nell'ambito dei miei corsi di Storia della Fisica, ho assegnato Tesi agli allievi laureandi in fisica in cui li invitavo (o suggerivo) a proporre modelli di apparecchi storici realizzati dai grandi scienziati del passato (come ad esempio: Ampère, Joule, Maxwell...). Si tratta di apparati funzionanti e in grado, spesso, di effettuare misure attendibili. Tali strumenti didattici sono stati elaborati e realizzati grazie all'aiuto del personale dell'Officina dell'INFN di Bologna.
- Negli ultimi anni sono stati progettati, e a volte realizzati, anche grandi esperimenti storici in sedi prestigiose: Il Pendolo di Foucault (S. Petronio, Bologna); l'Esperimento di Guglielmini (dalla Torre degli Asinelli, Bologna).

Modelli Didattici, Apparati Sperimentali, Esperimenti Storici

Tipologia ed esemplificazioni degli strumenti realizzati:

- Modelli Semplici

- Paradosso di Torricelli_

- Vite di Archimede_

- Modelli Complessi

- Ricostruzione analogica :

- Apparato per il Back-scattering delle particelle α

- Apparato sperimentale

- Motore elettrico di Faraday

- . . .

- Grandi Esperimenti

- Ricostruzione : - Pendolo di Foucault

- Progettazione : Esperimento di Guglielmini

Modelli Didattici Semplici: a “costo zero”

Sono stati realizzati più di 100 modelli di tipo semplificato (con legno, spago, filo di ferro o di rame, materiale da riciclo, ecc).

Per il percorso di **Termologia**:

- Trapano di fuoco,
- Turbina a vapore,
- Eolipila di Erone,
- Dilatometro ...

Per il Percorso di **Meccanica**:

- Pinocchio,
- Tavoletta delle Forze,
- Dinamometro,
- Parallelepipedo Articolato ...

Per il Percorso di **Ottica**:

- Trottole dei colori,
- Taumatropio,
- Camera oscura, ...

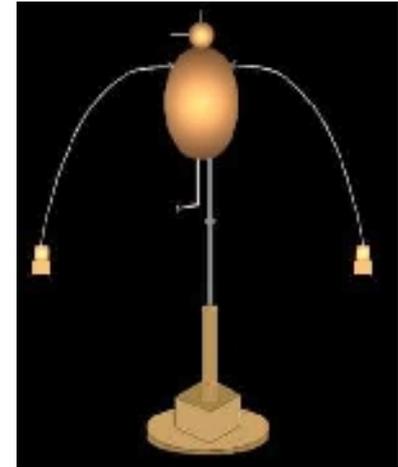
Modelli Didattici Semplici / Esempi



Trapano da Fuoco



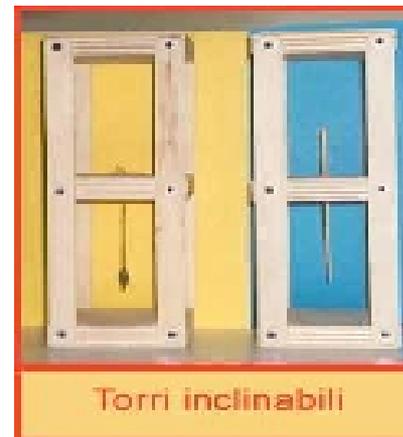
Turbina a Vapore



Pinocchio



Dinamometro



Torri Inclinabili

Modelli Didattici Complessi

Sono stati realizzati molti modelli di questo tipo. Tra cui:

- Banco di A.M. Ampère,
- Mulinello Idraulico di J. Prescott Joule,
- Rotore Elettromagnetico di J. Prescott Joule,
- Dinamo di A. Pacinotti,
- Pendolo di J.Clerk Maxwell,
- Modello per Motore Asincrono Campo Magnetico Rotante di G. Ferraris,
- Detector Magnetico di G. Marconi,
- Tubo per Raggi Catodici di J.J. Thomson.
- ...

Modelli Didattici Complessi / Esempi

Repliche dei primi prototipi realizzati da M. Faraday per Motore Elettrico, Trasformatore, Generatore di corrente elettrica; Apparato di Rutherford – Geiger e Marsden per il Back-scattering delle particelle α .



Esperimento in funzione



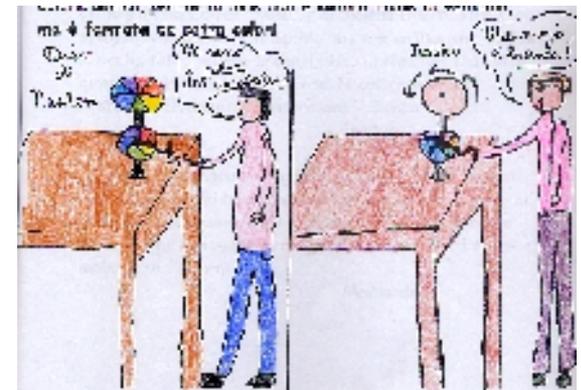
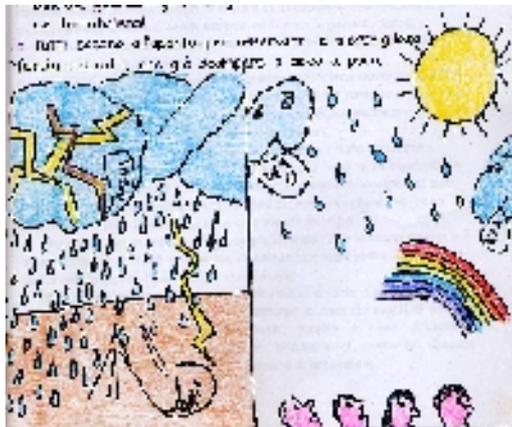
Replica funzionante del primo prototipo del
Motore Elettrico di M. Faraday

Grandi Esperimenti: Il Pendolo di Foucault



Immagine della replica del Grande Pendolo di Foucault realizzato in San Petronio a Bologna (Cronobie 2005)

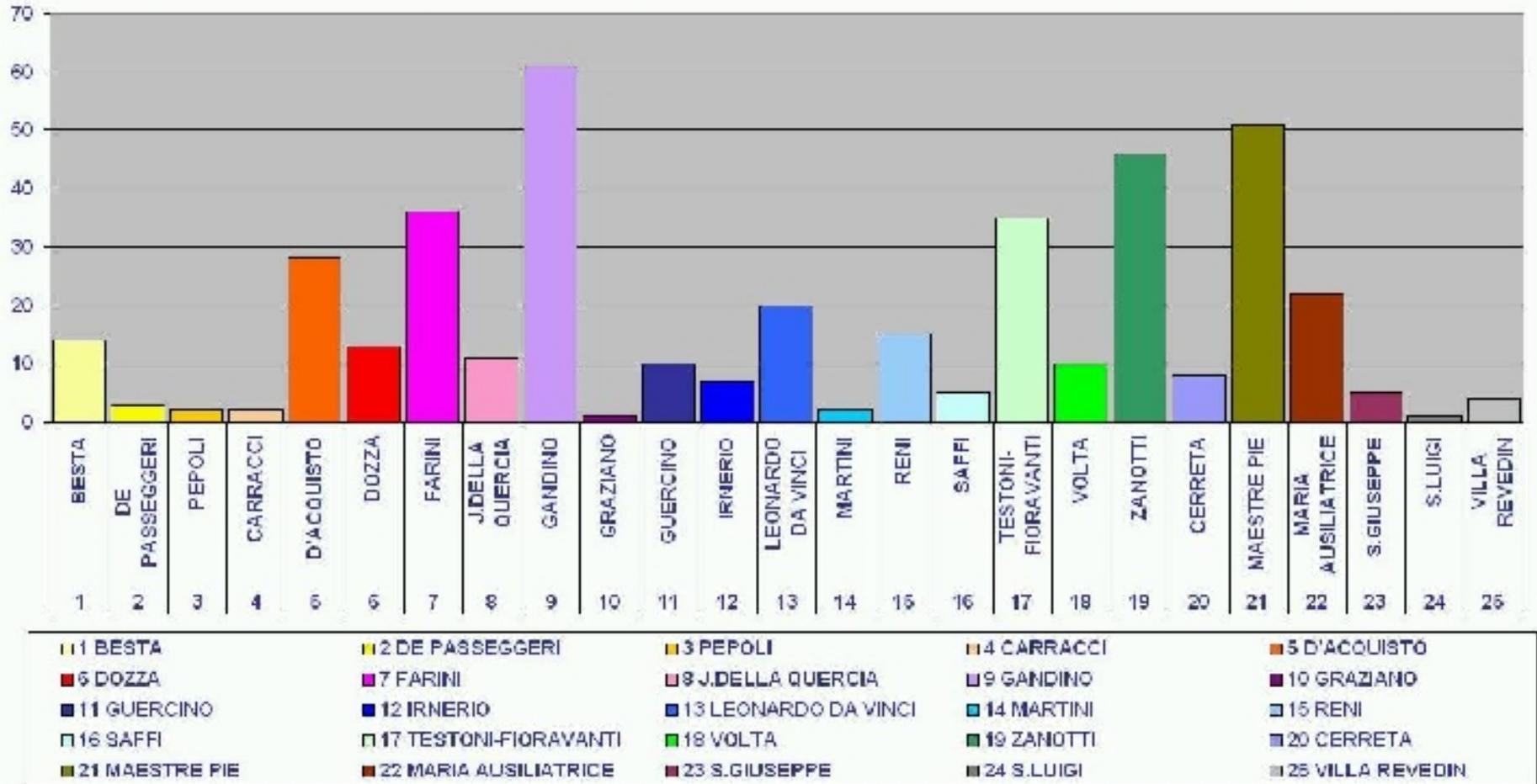
Attività Didattica al Museo di Fisica di Bologna



In media all'anno si sono ospitate 150 scolaresche per operatore. Nel periodo in cui abbiamo potuto disporre di 2 operatori (1990-2003) la media è stata quindi di 300 scolaresche all'anno.

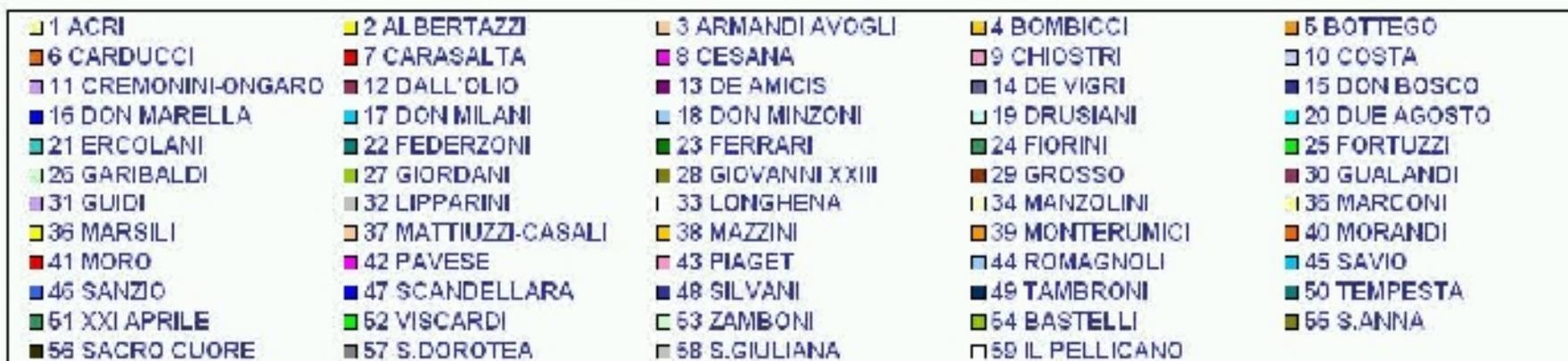
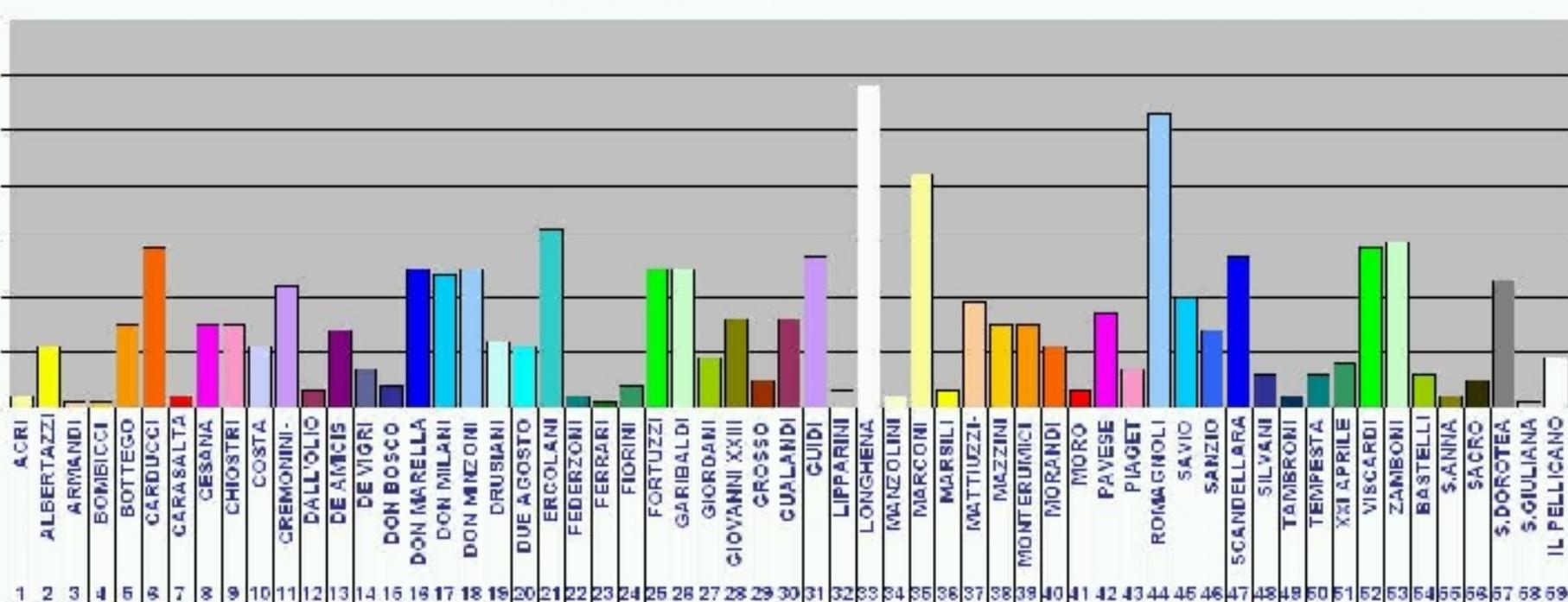
Attività Didattica al Museo di Fisica di Bologna

FREQUENZA NEL PERIODO A.S.1990/91 - 2006-07 DELLE SCUOLE MEDIE PUBBLICHE E PRIVATE DELL'AREA CITTADINA DI BOLOGNA



Complessivamente hanno partecipato alle attività circa 25.000 alunni delle scuole medie

**FREQUENZA NEL PERIODO A.S.1990/91 - 2006-07 DELLE SCUOLE ELEMENTARI PUBBLICHE E PRIVATE
DELL'AREA CITTADINA DI BOLOGNA**



Compressivamente hanno partecipato alle attività circa 32.000 alunni delle scuole elementari

Le Schede Didattiche

Ogni scheda didattica destinata all'insegnante/dimostratore/operatore per le scuole superiori è articolato sulla base dei seguenti esempi:

- Bibliografia (inserita per prima, perché costituisce la base preliminare di preparazione all'esperimento). Si tratta dell'individuazione dei testi storici originali dell'autore del dispositivo o dell'esperimento; di testi storici o fisici sull'argomento, incluso il titolo della tesi assegnata.
- Sintetica presentazione del dispositivo o dell'esperimento.
- Modello Didattico. Illustrazione sul modo in cui è stata realizzata la replica del modello didattico. Individuazione della sue parti principali.
- Foto, Schemi che illustrano il modello realizzato.
- Funzionamento. Spiegazione sul funzionamento dell'apparecchio. Modalità di esecuzione delle misure. Breve indicazione di come sono stati effettuati gli esperimenti e le delle difficoltà incontrate.
- Applicazione Didattica. Quali livelli di comprensione sono coinvolti nella preparazione dell'esperimento/modello didattico/strumento.
- Classe/i di riferimento.
- Pre-requisiti conoscitivi.
- Obiettivi didattici.

Onde elettromagnetiche

Modello atomico di J.J.Thomson

➤ *Elena Verardi*

Il Modello didattico: Il Modello da noi proposto si basa su esperimenti condotti da Meyer attorno al 1865. Si è cercato di riprodurre il più fedelmente possibile l'esperimento di Meyer e, contemporaneamente, di renderlo ripetibile all'interno di un ambiente scolastico. Per raggiungere questo scopo è stato necessario apportare alcune modifiche all'esperimento originale quali, ad esempio, la sostituzione degli aghi magnetici solitamente disponibili in un laboratorio scolastico, con normali aghi da cucito precedentemente magnetizzati. Gli aghi magnetici infatti non sono adatti per questo esperimento, poiché sono costruiti in modo da potere essere fissati su un supporto che gli permetta di ruotare e di orientarsi rispetto al campo magnetico studiato. Questo tipo di struttura ne rende difficile la collocazione sul supporto di sughero, e appesantisce più del necessario il sistema.

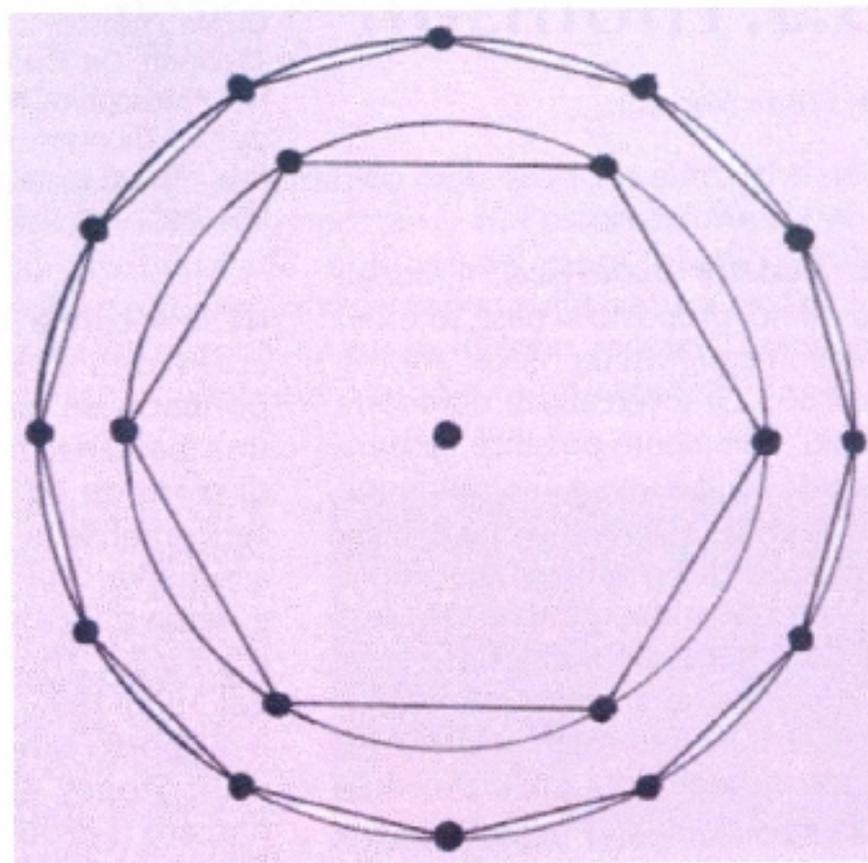
Bibliografia: J.L. Meyer, Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik, Breslavia, 1864 — J.J. Thomson, On the structure of the atom, in "The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science", pp. 792-796 (1913) — J.J. Thomson, On the number of corpuscles in an atom in "The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science", pp. 769-781 (1906) — J.J. Thomson, On the structure of the atom, in "The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science", pp. 237-265 (1904) — J.J. Thomson, On Cathode Rays, in "The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science", pp. 293-316 (1897) — J.J. Thomson, On The velocity of the cathode-rays, in "The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science", pp. 358-368 (1894) — E. Verardi, "J.J. Thomson: Il Modello Atomico, teorico sperimentale, e la sua capacità predittiva". Tesi di Laurea, Corso di Laurea in Fisica, Facoltà di Scienze mm. ff. nn., Università degli Studi di Bologna: Relatore G. Dragoni, (a.a. 2000-2001).

Il Funzionamento: Il nostro modello didattico risulta così costituito da una bacinella contenete acqua al cui interno vengono disposti aghi "magnetici", fissati su supporti di sughero di dimensioni di 2mm, in modo tale che tutte le estremità uscenti abbiano la stessa polarità. Sopra la bacinella, appoggiato su un supporto in plastica che non altera le linee del campo, è posto un grosso magnete in modo che la parte rivolta verso la bacinella abbia polarità opposta a quella delle estremità uscenti degli aghi (Fig.1). In questo modo si riescono a produrre diversi poligoni regolari chiusi concentrici (ai cui vertici si situano gli aghi magnetici) che simulano gli orbitali elettronici (Fig.2).

Nella seconda metà dell'Ottocento, l'attenzione di numerosi fisici era rivolta allo studio dei raggi catodici. Si era infatti notato che ponendo all'interno di un tubo a vuoto due elettrodi collegati ad una batteria, per pressioni molto basse, si verificava un passaggio di corrente ed il tubo stesso si illuminava di verde. Diminuendo ulteriormente la pressione si notava che la regione apposta al catodo assumeva una luminosità maggiore, come se qualcosa fosse stato emesso dal catodo; questo qualcosa fu poi chiamato "raggi catodici". Fu J.J. Thomson (1856-1940) a stabilire, con i suoi esperimenti del 1896-1897, la natura corpuscolare di tali raggi e a determinare il rapporto carica massa dei nuovi corpuscoli battezzati già dal 1891 da J. Stoney *elettroni*. La scoperta di particelle subatomiche fece nascere il problema di studiare la struttura dell'atomo e, quindi, di creare un *modello atomico*. Il modello atomico proposto da Thomson fu definito "a panettone" poiché si basava sull'idea che si potesse adottare come ipotesi quella di particelle mutuamente respingenti tenute assieme da una forza "magnetica" centrale. In particolare, l'atomo, secondo Thomson, era costituito da una distribuzione sferica di carica positiva in cui erano immersi gli elettroni. Per arrivare a questo modello Thomson si basò sull'esperimento fatto da Julius Lothar Meyer (1830-1895) con degli aghi magnetici infilati in tappi di sughero immersi in una bacinella d'acqua, in modo tale che tutte le estremità sporgenti avessero la stessa polarità e che fossero sottoposti all'interazione di un magnete rivolto verso questi con polarità opposta. In questo esperimento le forze in gioco sembravano, a Thomson, essere del tutto analoghe a quelle a cui è sottoposto l'elettrone all'interno dell'atomo.

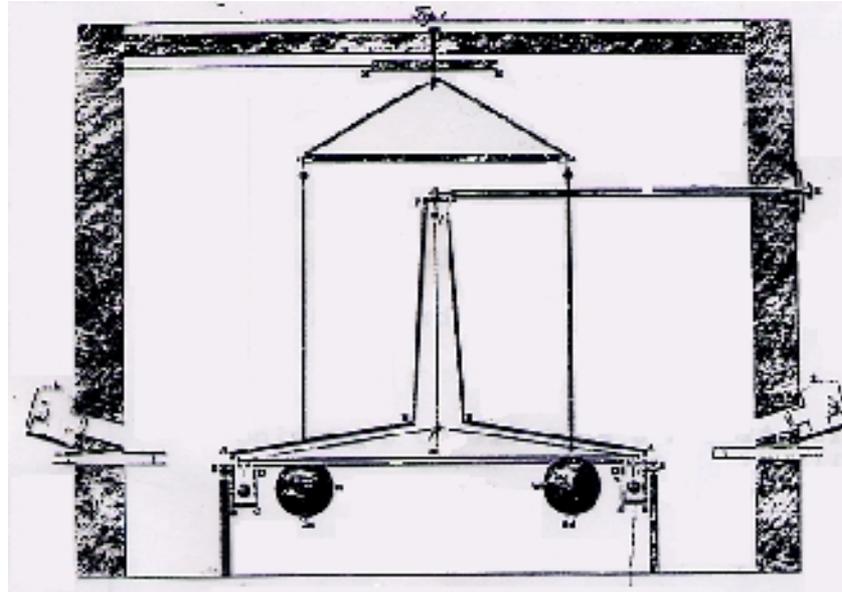
Applicazione didattica: Il modello storico didattico di J.J. Thomson fornisce un'efficace presentazione di un modello troppo spesso banalizzato come "plume-cake" o "a panettone" che fu storicamente in grado di proporre mediante la costruzione di poligoni regolari chiusi concentrici ai cui vertici erano collocati gli elettroni un'anticipazione dei futuri "orbitali elettronici". Non solo, ma J.J. Thomson fu, grazie alla sua considerevole abilità matematica, in grado di prevedere, matematicamente appunto, le sequenze e il comportamento degli elementi chimici della Tabella di Mendeleieff mediante le sue figure poligonali concentriche.

Un'altra interessante proposta didattica si può sviluppare a partire dall'opera di J.L. Meyer, che non solo eseguì l'esperimento qui ricordato, ma seppe proporre nel 1870, quasi contemporaneamente a Mendeleieff (1869), un sistema periodico degli elementi equivalente a quello del russo.



(da *Una Didattica Occhi negli Occhi*, G. Dragoni, CNR, Roma 2005)

La Bilancia di Cavendish



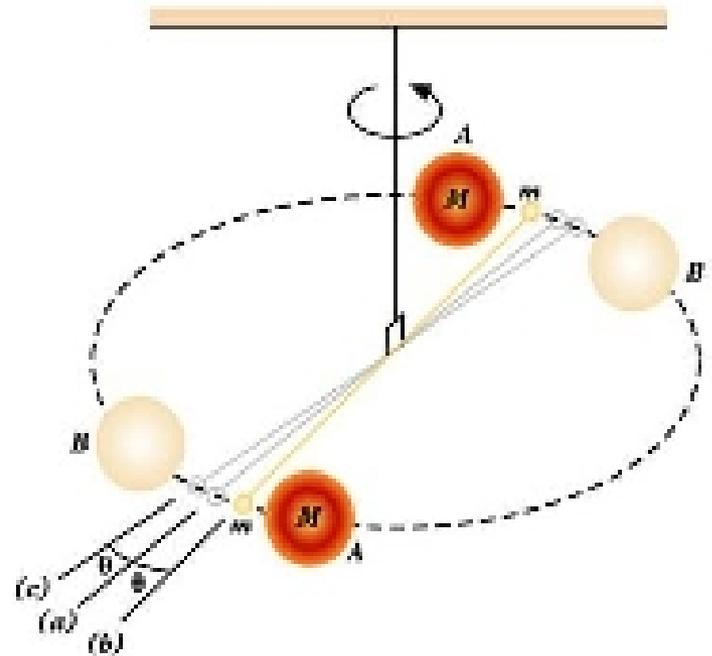
Nel 1798 Henry Cavendish (1731-1810) realizzò un grande apparato sperimentale per determinare la densità media della Terra. Cioè per pesare la Terra. Ovvero, in termini moderni per determinare il valore di G cost di gravitazione universale.

Bibliografia:

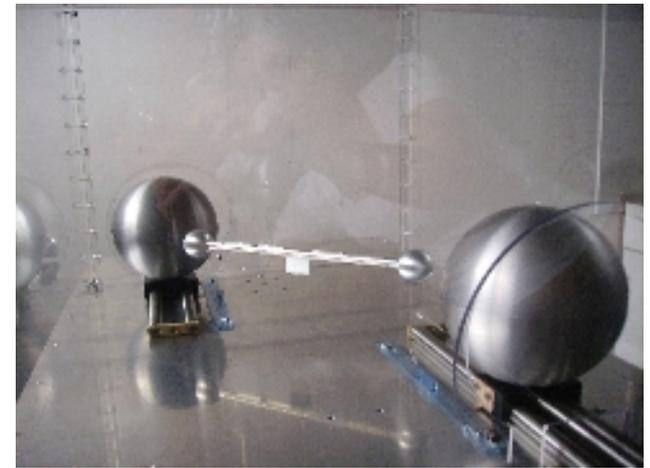
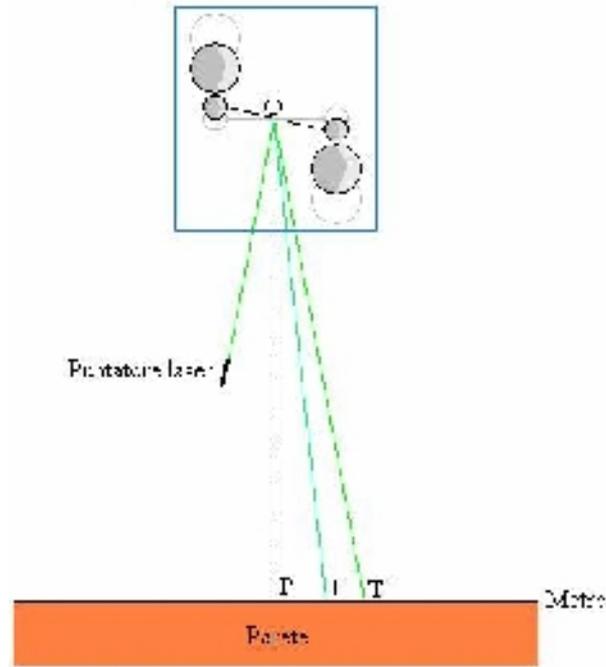
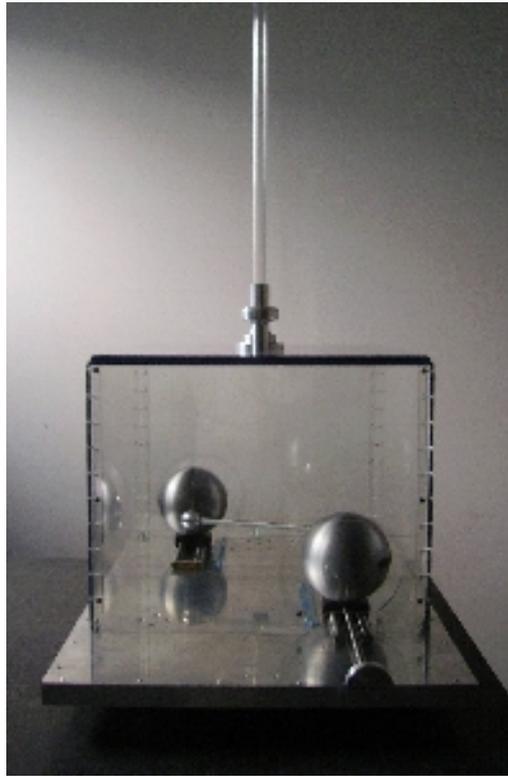
- Airy, G.B.: *Gravitazione*, Manuali Hoepli, Milano 1893. Traduzione in lingua italiano dell'edizione in lingua inglese ad opera di Charles Knight, Londra, 1834;
- Berry, A.J.: *Henry Cavendish. His Life and Scientific Work*, Hutchinson, Londra, 1960;
- Cavendish, H.: 'Experiment to Determine the Density of the Earth', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 88, pp. 469-526, Londra, 1798;
- *Henry Cavendish*, elaborato da Eugenii Katz:
http://www.geocities.com/neveyaakov/electro_science/cavendish.html
- *The Cavendish Laboratory*, Cambridge Physics:
http://www.outreach.phy.cam.ac.uk/camphy/laboratory/laboratory1_1.htm

Descrizione dell'apparato sperimentale

L'apparato sperimentale è costituito da un manubrio, appeso ad un filo in rame-berillio, fissato ad un sostegno metallico. All'estremità del manubrio sono attaccate due piccole sfere omogenee di massa m . Due sfere grandi omogenee di massa M possono essere avvicinate o allontanate muovendosi su di una guida scorrevole perpendicolare alla direzione del manubrio all'equilibrio nella condizione di masse distanti.



Il Nostro Apparato Sperimentale



Grandezze di progetto

Il modello è stato realizzato dall'INFN (Sezione di Bologna) e riproduce l'apparato sperimentale utilizzato da Cavendish.

Le grandezze di costruzione sono le seguenti:

Massa sfere grandi: $M = 11,10 \text{ Kg}$

Massa sfere piccole: $m = 58,46 \text{ g}$

Raggio masse grandi: $R = 69,2 \text{ mm}$

Raggio masse piccole: $r = 17 \text{ mm}$

Massa dell'asta: $M' = 22,06 \text{ g}$

Lunghezza dell'asta: $L = 211,3 \text{ mm}$

Spessore del filo di sospensione: $s = 0.1 \text{ mm}$

Aspetti formali e Ordine di grandezza di G

$$F_{GRAV} = G \frac{Mm}{R^2}$$

$$\begin{aligned} G &= \frac{F_{GRAV} R^2}{Mm} \\ &= \frac{(10^{-6} N) \cdot 10^{-2} m^2}{10^2 Kg \cdot 1Kg} \\ &= 10^{-10} Nm^2 / kg^2 \end{aligned}$$

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} Nm^2 / kg^2$$

Risultati delle misure

Distanza tra i due centri di oscillazione: $x = x'_c - x_c = 15.8cm$

Valore dell'angolo di inclinazione: $\alpha = 2.2 \times 10^{-2} rad$

Periodo dell'oscillazione: $T = 512s$

Valore della costante di torsione: $K = 2.8 \times 10^{-7} \frac{Kgm^2}{s^2}$

Costante di gravitazione universale: $G = 4 \times 10^{-10} \frac{Nm^2}{Kg^2}$

Naturalmente, bisognerà indagare con attenzione il perché della differenza di un ordine di grandezza tra la misura effettuata in questa occasione e quelle celebri.

Perché riproporre didatticamente la misura del peso della Terra?

- Perché la forza gravitazionale è una delle tre Forze Fondamentali della natura.
- Perché il grande cosmologo, ed allievo di A. Einstein, P. G. Bergmann considerava, parafrasando il titolo di un suo celebre libro, la gravitazione... un Enigma!
- Perché molte volte, e anche di recente, si è pensato che la Legge di Newton dell'inverso del quadrato della distanza... non sia esatta.
- Perché recentemente al Congresso di Erice (2005) il cosmologo e fisico teorico russo V. Melnikov definì il problema della gravitazione come il più grande problema che la fisica dei nostri giorni dovrà affrontare. Infatti, manca ancora una teoria unificata relativistica della gravitazione con le altre forze.



«ETTORE MAJORANA» FOUNDATION AND CENTRE FOR SCIENTIFIC CULTURE
 TO PAY A PERMANENT TRIBUTE TO GALILEO GALILEI, FOUNDER OF MODERN SCIENCE
 AND TO ENRICO FERMI, THE "ITALIAN NAVIGATOR", FATHER OF THE WEAK FORCES



INTERNATIONAL SCHOOL OF COSMOLOGY AND GRAVITATION «P.G. BERGMANN»

19th Course: HISTORICAL REVIEW OF GRAVITATIONAL THEORIES AND EXPERIMENTS

ERICE-SICILY: 2 - 12 MAY 2004

Sponsored by the: Italian Ministry of Education, University and Scientific Research • Sicilian Regional Government

TOPICS AND LECTURERS

A Survey of Experiments about Gravity from Galileo to present days.
Pre-newtonian Ideas about Gravitation.
Newton's Law of Gravity and Gravitational Theory.
Developments of Newton's Ideas.
Unified Concept of Nature and Faraday's Experiments to find a
Connection between Gravitational and Electrical, Magnetical
Phenomena.
Gravity and Electromagnetism from Einstein to present times.
Einstein's General Theory of Gravity.
Spin and Torque in Gravity Theory and Quantum Gravity.
General Relativity and the Space Age: beyond the Classical Tests.
Silverstein's Book and Works.
History of Gravitational Theories with Scalar Fields, mass
Observations and Violations of Constants. The Principle of
Equivalence.
Matter and Matter in Theories of Gravity.
Geometrization of Physics and Physicalization of Geometry.
Phenomenological Aspects of Dilatonic Gravity
Phenomenological Conclusions applied to Cosmology in the context
of String Theories at Low Energy.
Experiments for search of Gravitational Waves.

- H.-H. von BURZESZKOWSKI, Technische Universität, Berlin, D
- V.B. BRAGINSKI, Moscow State University, RU
- B. KUMAR DATTA, Tripura University, IND
- P. LIN, Pedagogical University, Kales, PL
- S. FOCARDI, University of Bologna, I
- D.V. GAIT'SOV, Moscow State University, RU
- A.R. HALL, Jockley, Oxon, E
- Z. KAPUSCIK, University of Lodz, PL
- V.M. MELNIKOV, Centre of Gravitation, Moscow, RU
- V. MOSTEPAENKO, Friedman Laboratory, St. Petersburg, RU
- A. NOBILI, University of Pisa, I
- K. NORDEVIDT, Montana University, Bozeman, MT, USA
- F. PANKOV, Astronomical Observatory, Cracow, PL
- G. PAPINI, University of Regina, Saskatchewan, CDN
- G. PIZZELLA, La Sapienza University, Rome, I
- P. PRONIN, Moscow State University, RU
- A.J. SANDERS, University of Tennessee, Knoxville, TN, USA
- L.A. SAVROV, Sternberg Astronomical Institute, Moscow, RU
- Yu. STEPANOVSKI, Kinokov University, I
- C.S. UNNKRISTIANAN, Barabai University, IND
- H.J. FREDER, Fostair Laboratory, Potsdam, D
- R. WAHNER, Max-Planck-Institute, Berlin, D
- A. YEFREMOV, Peoples Friendship University, Moscow, RU
- A. YU, Institute of Science Innovation, Hong Kong, RPC

G. DRAGONI - V. MELNIKOV
 DIRECTORS OF THE COURSE

V. DE SABBATA
 DIRECTOR OF THE SCHOOL

A. ZICHICHI
 EMFCSC PRESIDENT AND DIRECTOR OF THE CENTRE

Considerazioni conclusive

La Trasmissione di un Messaggio:

Due Facce di una stessa Medaglia.

La Comunicazione/La Valutazione

Riflessioni sulla Didattica Attuale / **La Comunicazione**

“Non c’è miglior modo di imparare che giocando”

“Non c’è modo migliore di insegnare che divertendo”

- Si tratta di un rinvio didattico alla partecipazione dell’Allievo, al “Fare” in modo diretto e corretto, e dell’Insegnante, ricordandogli un obbligo imprescindibile dell’apprendimento.
- È un richiamo a superare quei blocchi, quegli ostacoli, quelle difficoltà individuali nell’apprendere, che ognuno di noi trova in se stesso, ma che spesso vengono accentuate dal comportamento del docente, troppo spesso “in cattedra”, troppo spesso dimentico delle difficoltà che lui stesso ha trovato nei suoi studi, per comprendere, vedere e ascoltare le reali esigenze del discente.

“Il principio ludico? Ok! Ma non basta!”

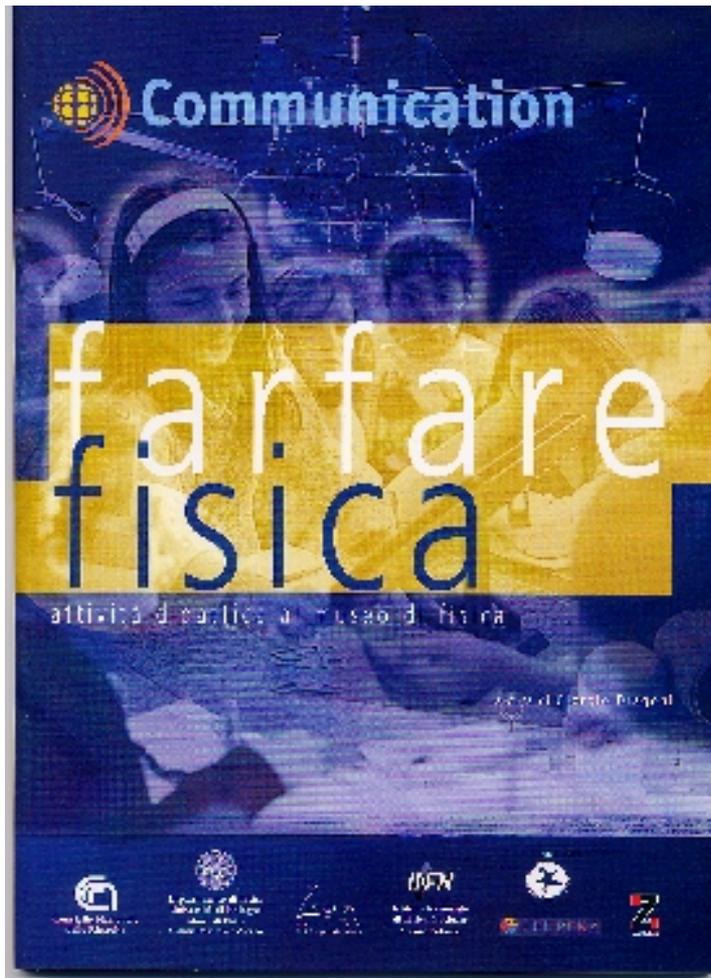
- Altro aspetto delle considerazioni precedenti, è che il “principio ludico”, pur importantissimo didatticamente, non risolve tutto, anzi, è spesso mistificato. Una possibile alternativa è quella di un’autentica didattica “occhi negli occhi”, cioè una didattica diretta, mirata alle esigenze dell’allievo, una didattica in cui ci sia il tempo “per pensare”, un modo per “far fare fisica” agli allievi, e lasciarli intervenire senza blocchi, rifiuti o impedimenti, sull’attività per essi preparata.

Riflessioni sulla Didattica Attuale / **La Valutazione**

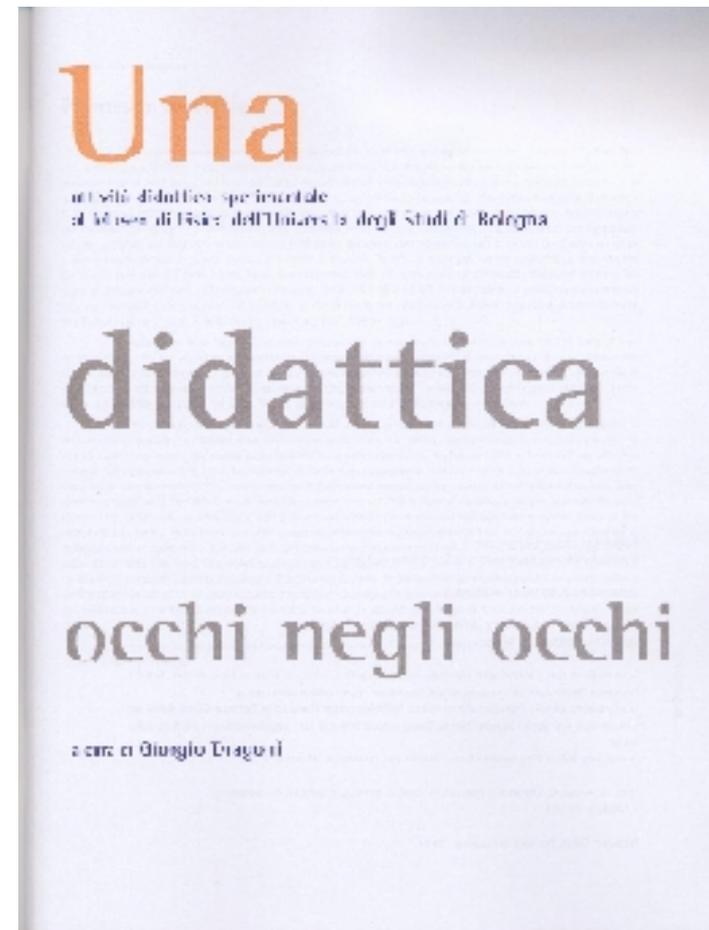
“Comunicare? Nel modo più divertente e coinvolgente possibile? Certo! Ma non basta!”

- Non si può, non si deve dimenticare il ruolo della verifica, cioè del controllo dell'apprendimento delle conoscenze, delle informazioni, delle idee, dei metodi impartiti.
- Come “comunicatori scientifici” dobbiamo scientificamente guardare con sospetto i facili entusiasmi dovuti alle statistiche, agli alti numeri delle frequenze, all'entusiasmo e anche all'approvazione collettiva, ma generica, del nostro operato.
- Riteniamo che per noi, più che per chiunque altro, sia obbligatorio procedere a verifiche del nostro operato e alla valutazione – anche questa però non pedante e repressiva – di quanto hanno appreso i nostri allievi e, soprattutto, di come sanno utilizzare le conoscenze acquisite.

Primi Risultati Pubblicati (2000)



Recenti Risultati Pubblicati (2005)



Publicazioni (1)

- G. DRAGONI, La ricostruzione del Museo dell'Istituto di Fisica, in Gli strumenti nella storia e nella filosofia della scienza, a cura di G.TAROZZI; Istituto per i Beni Culturali, Alfa, Bologna, (1984), pp. 33-75.
- G. DRAGONI, Il Museo di Fisica, in AA.VV., I musei della Facoltà di Scienze, Università di Bologna, Bologna, 1984, pp. 41-45.
- P. FORTUZZI, Conoscere la Fisica, Esperienza ed esperimenti, Collana Scuola Territorio n°3, Comune di Bologna, Università, 1987.
- G. DRAGONI, Un Museo: quattro secoli di fisica, in AA.VV., I laboratori storici e i musei dell'Università di Bologna. I luoghi del conoscere, Edizioni Amilcare Pizzi, Milano - Bologna, 1988, pp. 85-98.
- G. DRAGONI, Il Museo di Fisica, in Storia Illustrata di Bologna, AIEP Editore, Repubblica di San Marino, 1988, 8/VII, pp. 141-160.
- G. DRAGONI, Museo di Fisica, in I Musei Universitari di Bologna, Catalogo della Mostra “Immagini”, Bologna, 1989, pp. 53-54.
- P. FORTUZZI, M. GIORGI, Le Proposte didattiche in “Scuola se...” n° 56, Anno VIII, Dic. 1989, pp. 53-57.

Publicazioni (2)

- G. DRAGONI (a cura di), Instrumenta, Grafis Edizioni, Bologna, 1991, pp. 1-286.
- G. DRAGONI, Il patrimonio storico scientifico del Museo di Fisica attraverso i secoli: dal Seicento ai nostri giorni, in AA.VV., Instrumenta, a cura di G. DRAGONI, Ibidem, pp. 73-86.
- G. DRAGONI, A. McCONNELL, G.L'E.TURNER (a cura di), Proceedings of the Eleventh International Scientific Instrument Symposium, Grafis Edizioni, Bologna, 1994, pp. 1-256.
- G. DRAGONI (a cura di), Farfare Fisica, Attività didattica al Museo di Fisica di Bologna, CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 2000, pp.1-64.
- G. DRAGONI, Riflessioni sulla didattica museale attuale, in Farfare Fisica, op. cit., pp. 3-6.
- A. BUGINI, S. CAMPRINI, G. GOTTARDI, M. MANFERRARI, G.B. PORCHEDDU, Calcolo e calcolatori: un secolo tra l'analogico e il digitale, catalogo della mostra "1900-99 Frammenti di un secolo breve", Modena (2-27 Settembre 1999), Amilcare Pizzi, Cinisello Balsamo (MI), 2000, pp. 52-61.
- A. BUGINI, S. CAMPRINI, Catalogo Didattico "Communication", CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma 2000, pp. 1-48.
- AA.VV., Farfare Fisica, Attività Didattica al Museo di Fisica, a cura di G. Dragoni , Museo di Fisica del Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Bologna, CNR, Om Grafica, Roma, 2000
- G. DRAGONI, Una Didattica Occhi negli Occhi, Attività didattico-sperimentale al Museo di Fisica dell'Università degli Studi di Bologna, CNR, Om Grafica, Roma 2005.

Quaderni della settimana della Cultura Scientifica, Scienza Spazioaperto, MURST, Presidenza del Consiglio dei Ministri (1991 p. 17; 1992 pp. 56-57; 1993 pp. 52-53; 1994 p. 94; 1995...)

Ringraziamenti

Si ringraziano i Direttori della Sezione di Bologna dell' INFN che si sono succeduti negli anni per la cortese Collaborazione concessa : Proff. Antonio Vitale, Paolo Giusti, Maurizio Basile, Antonio Zoccoli e i loro Tecnici.

In particolare, il Capo-Officina Dott. Anselmo Margotti e i Signori Giulio Pancaldi e Fabio Zuffa.

Un ringraziamento infine, per i loro suggerimenti, agli amici e colleghi Silvio Bergia e Attilio Forino.