

Storia e strumenti: valorizzare didatticamente il patrimonio scientifico delle scuole

Matteo Leone^{1,2}, Chiara Pizzarelli³, Marta Rinaudo^{4,2},
Teresa Morgante⁵, Emanuela Sordo^{6,7}, Barbara Ponzo^{6,7}

¹Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'educazione, Università di Torino

²Museo di Fisica, Università di Torino

³Dipartimento di Matematica, Università di Torino

⁴Dipartimento di Fisica, Università di Torino

⁵Liceo Gioberti, Torino

⁶Liceo Vasco Beccaria Govone, Mondovì

⁷MUBEC, Mondovì

IX CONVEGNO NAZIONALE DI DIDATTICA DELLA FISICA E DELLA
MATEMATICA

DI.FI.MA. 2019

**Strumenti, macchine e modelli
nel laboratorio matematico:
dalla storia alla scuola**

Chiara Pizzarelli

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA 'G. PEANO', TORINO
I.C. TORINO II, "E. MORELLI"

chiara.pizzarelli@unito.it

Il laboratorio di matematica

“Il laboratorio di matematica
non è un luogo fisico diverso dalla classe
è piuttosto un insieme strutturato di attività volte alla
costruzione di significati degli oggetti matematici.

[UMI-CIIM, 2003]

Strumenti nel laboratorio di matematica

“La possibilità di **manipolare fisicamente oggetti**,
come per esempio le **macchine [matematiche]** che generano
curve, induce spesso modalità di esplorazione e di costruzione
di significato differenti ma altrettanto interessanti e, sotto certi
aspetti, più ricche di quelle consentite dall’uso di software di
geometria dinamica,,

[UMI-CIIM, 2003]

- ❖ Quali esperienze dalla storia dell’insegnamento della matematica?
- ❖ Come e perché trasformare strumenti storici in oggetti didattici?
- ❖ Quali iniziative sull’uso di strumenti storici in Italia?



Modelli matematici e fisici, Università di Monaco, 1893

Nelle **UNIVERSITÀ** in Italia

1800

1900

Dagli anni '80 le università acquistano modelli all'estero (Pisa, Roma, Torino, Pavia, Napoli).

- ❖ **Scarso interesse nella costruzione di modelli:**
 - **Approccio analitico** astratto (Dini, Bianchi, ...)
 - **Fondamenti di geometria** (Scuola di Peano)
 - Scuola italiana di geometria algebrica uso del *Gedankenexperiment* (Scuola di Segre)
- ❖ **Contributo di matematici al rinnovamento dell'istruzione secondaria** (Peano, Segre, Veronese, ...)



Bibl. Mat. To (1881-82)

47 modelli di Brill

7 modelli quadriche (cartone)

8 modelli in filo di Bjorling

La collezione matematica all'**UNIVERSITÀ** di Napoli

“Beati voi matematici che pel vostro insegnamento non avete bisogno che della lavagna e del gesso! Ciò è ingiusto o falso. [...]

Un docente che non abbia a sua disposizione tutti questi necessari sussidi, mi pare assomigli ad un meccanico che debba riparare o far funzionare una macchina senza la borsa dei suoi ferri.,,

[R. Marcolongo, 1922]

- ✓ Collezione di strumenti per tracciare curve (ellissografo, spiralografo, compassi cicloidali del Ridolfi, sistemi articolati, ...); Squadre cicloidali, evolventi, polisettrici
- ✓ Curvimetri, planimetri, integrati
- ✓ Modelli di solidi; di superfici quadriche, algebriche e trascendenti
- ✓ Regolo calcolatore; Macchine calcolatrici
- ✓ Figure stereoscopiche; anaglifi, ...

Nelle **SCUOLE PRIMARIE** in Italia

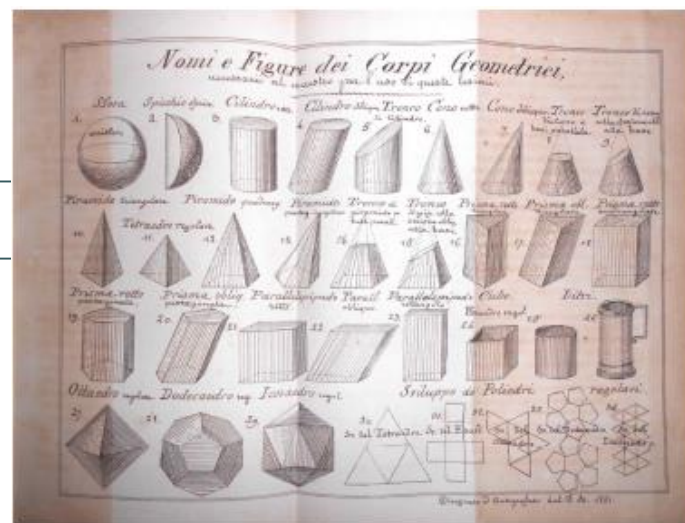
1800

1900

- ❖ **APORTI, TROYA, RAYNERI** (dagli anni '40)
metodo socratico e intuitivo

*“Vuolsi che tutti gli allievi
possano osservarli a loro
agio, collocandoli in diverse
posizioni e confrontandoli
nelle varie loro parti”*

[GSIE 1852, Istr. Primaria; p. 189]



A. Rayneri, *Lezioni di nomenclatura geometrica* (1851)

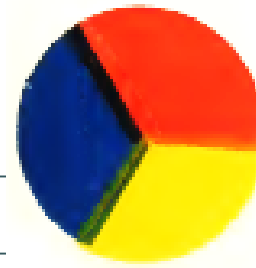


Collezioni di solidi geometrici
(27 o 35), G. Crotti - Paravia

Negli **ISTITUTI TECNICI** in Italia

1800

1900



Punto



Linea retta

- ❖ **C.I. GIULIO, Q. SELLA (dal 1845)**
uso di oggetti di vita quotidiana,
strumenti scientifici e da lavoro per
matematica elementare per lavoratori.

*“quando dalla riflessione astratta si
piombava in mezzo alle realtà quotidiane,
facevamo brillar come un lampo alla
intelligenza degli uditori mille usi di
quella verità medesima.”* [Giulio, 1846]



Goniometro a
contatto



Modello ruota
dentata



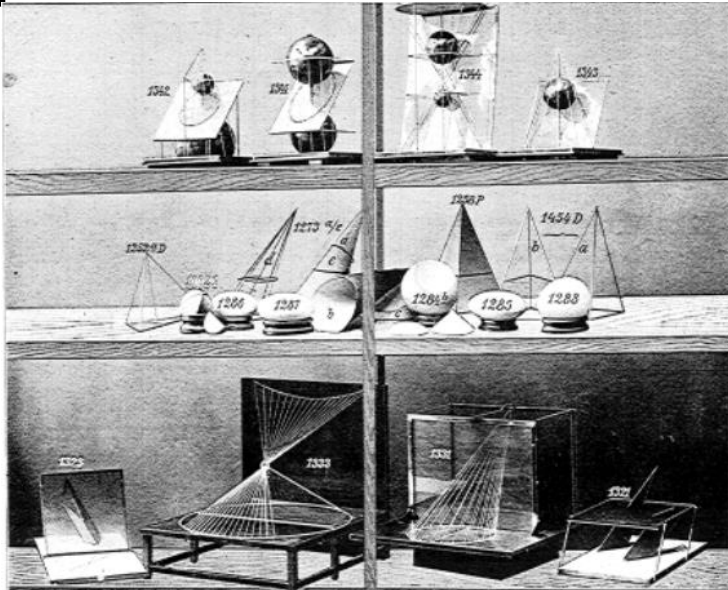
Modelli cristallografici e cristalli

Il LABORATORIO DI MATEMATICA

1800

1900

2000



P. Treutlein, modelli scuola 2^{aria}

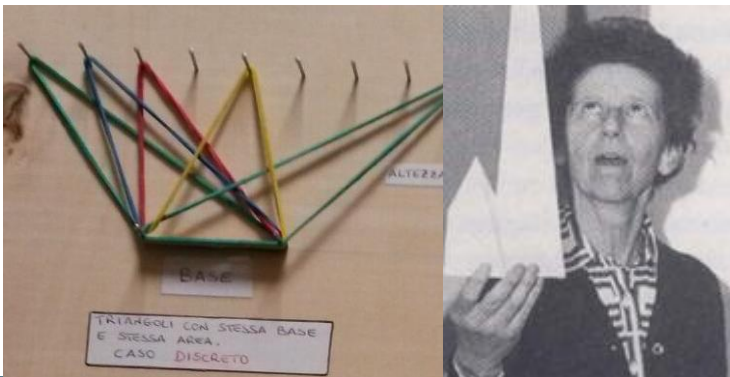
❖ EUROPA:

J. Dewey 1896, *Meraner Lehrplan* 1905, E. Borel 1909, J. Perry 1913, F. Klein e i modelli come *Anschauungsmittel*, ...

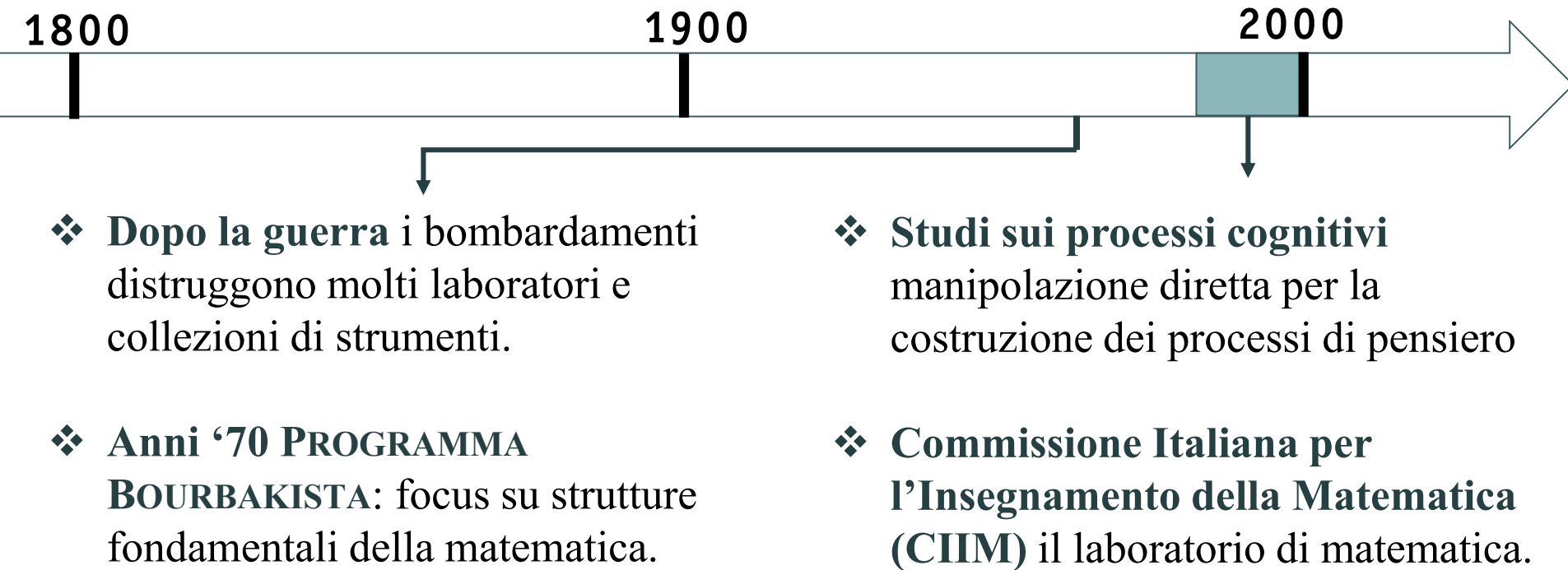
❖ ITALIA:

G. Vailati, *scuola laboratorio* (1905) carta millimetrata, disegno e modelli.

E. Castelnuovo geometria intuitiva «non è il materiale in sé che è l'oggetto dell'attenzione, ma piuttosto la trasformazione del materiale» (1958)



Il LABORATORIO DI MATEMATICA



L'ambiente del laboratorio di matematica è in qualche modo assimilabile a quello della **bottega rinascimentale**, nella quale gli apprendisti imparavano facendo e vedendo fare, comunicando fra loro e con gli esperti. [UMI-CIIM, *Matematica 2003*]

Perché «vecchie» macchine oggi?

“ Possediamo oggi una macchina, l'**elaboratore elettronico**, talmente flessibile che **può sostituire, da sola, tutte quelle inventate in passato** ... ma non si vede con quali complesse modificazioni fisiche, con quali meccanismi avviene la traduzione. [...]

Accanto a queste [i computer], è dunque opportuno **far rivivere nella scuola, togliendole dalla loro 'solitudine storica', le vecchie macchine matematiche, soprattutto quelle più semplici.** „

[N.R.S.D.M., *Macchine matematiche e altri oggetti*, 1992]

Quali obiettivi?

- Favorire **processi cognitivi** nella costruzione di significati matematici attraverso l'approccio laboratoriale (apprendimento percettivo-motorio, inclusività, ...).
- Venire a contatto con il **nucleo centrale delle idee matematiche** che risiedono negli oggetti e che determinano reciproci legami.
- Riconoscere lo **sviluppo storico di concetti e tecniche** della matematica, collocandoli in un contesto culturale più ampio e mostrando le intersezioni con altri rami del sapere.
- Scoprire che la matematica può essere uno **stimolante universo di idee e di metodi** studiati nella storia per risolvere importanti problemi.

Storia della Fisica

2016-2019: progetto di dottorato in didattica e storia della Fisica
“Verso un museo diffuso di fisica in Piemonte”

- ✓ **Studio della collezione del Museo di Fisica** attraverso l'analisi di fonti primarie (testi, lettere, inventari e manuali contemporanei allo strumento)
- ✓ **Analisi della valenza didattica** dell'approccio storico con progettazione di attività laboratoriali
- ✓ **Censimento** delle collezioni scientifiche conservate dalle scuole piemontesi

Le collezioni scientifiche e le loro potenzialità didattiche

- ❖ Le collezioni scientifiche presenti nei musei universitari sono costituite da strumenti originariamente utilizzati **per didattica e per ricerca**
- ❖ Lo stato dell'arte ci dice che la maggior parte di questi strumenti non sono utilizzati né per ricerca né per usi didattici.
- ❖ La comunità scientifica che si occupa di didattica delle scienze sostiene l'efficacia **dell'approccio storico per introdurre concetti scientifici** (Matthews 2015, Bernarduzzi 2014, Filippoupoliti 2014).

È possibile trasformare una collezione scientifica da strumento di ricerca a strumento didattico?

Museo di Fisica

Restyling dell' esposizione
museale



Wataghin Hall

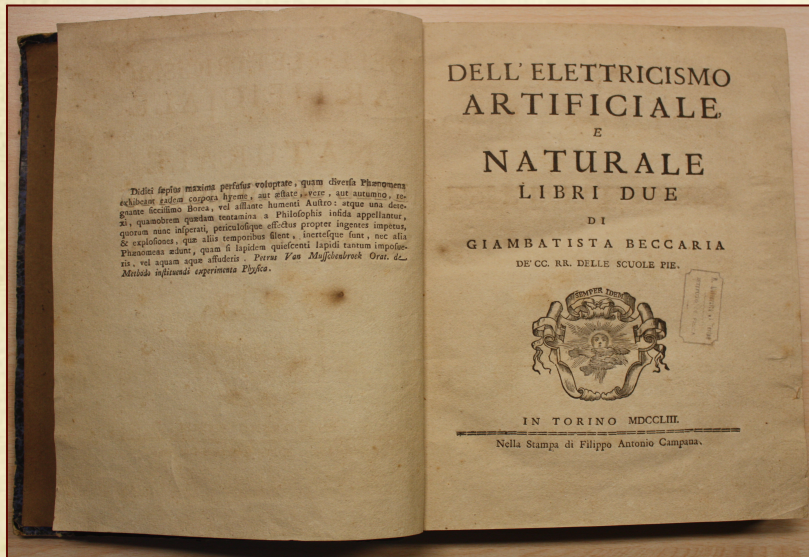


Hallway of the old Institute of Physics

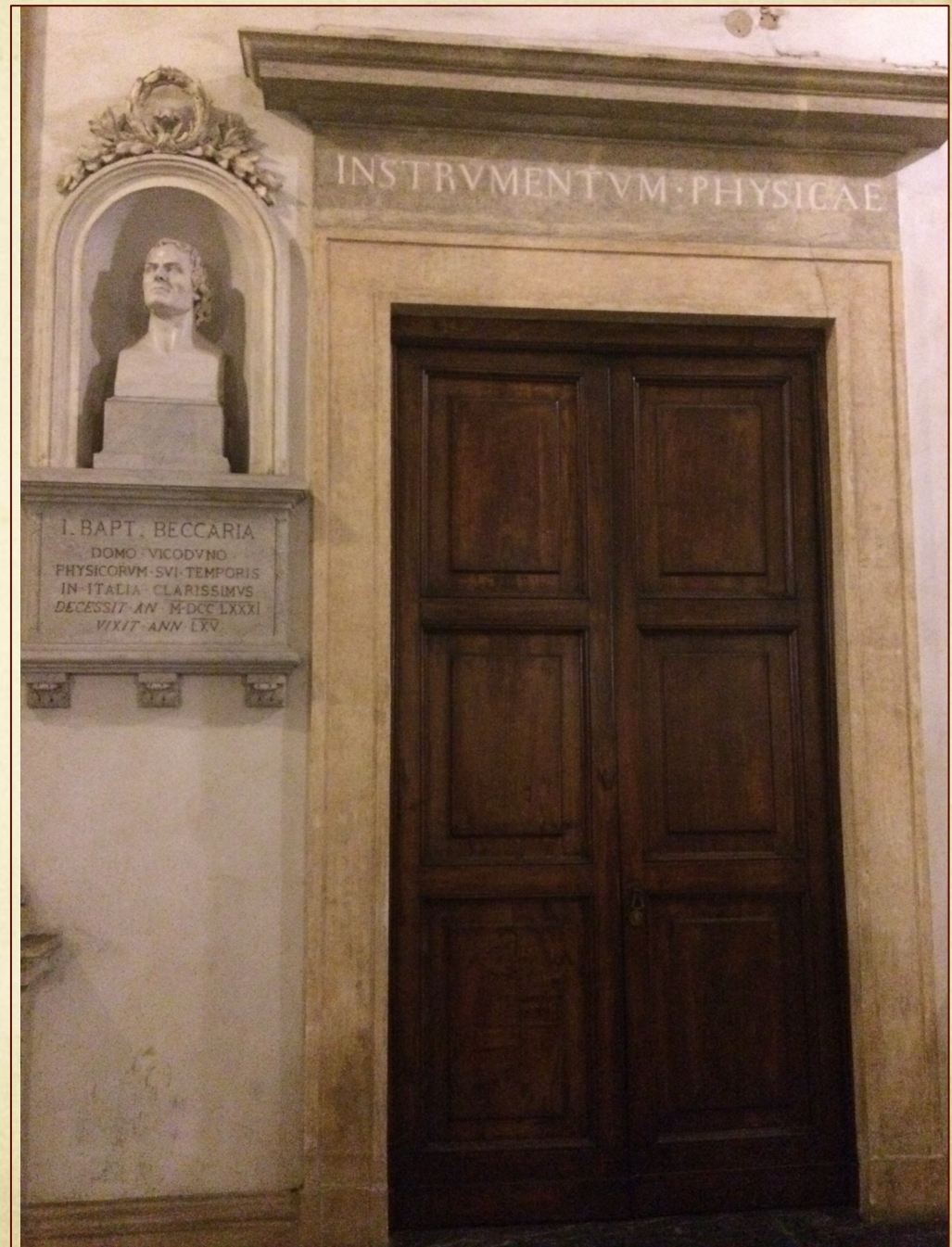
- Circa 1300 strumenti
- Circa 45% di essi sono esposti in 23 vetrinette nei corridoi del vecchio edificio del Dip. Di Fisica e in 23 vetrinette della **sala Wataghin**

Università di Torino

Antico Gabinetto di Fisica




“Dell’elettricismo artificiale e naturale” - Beccaria
(biblioteca del Dip. di Fisica, Torino)



Censimento delle collezioni scientifiche delle scuole piemontesi

Collaborazione tra **Museo di Fisica** dell'Università di Torino e i **vecchi Gabinetti di Fisica** di un campione scelto di scuole secondarie delle province di Torino e Cuneo

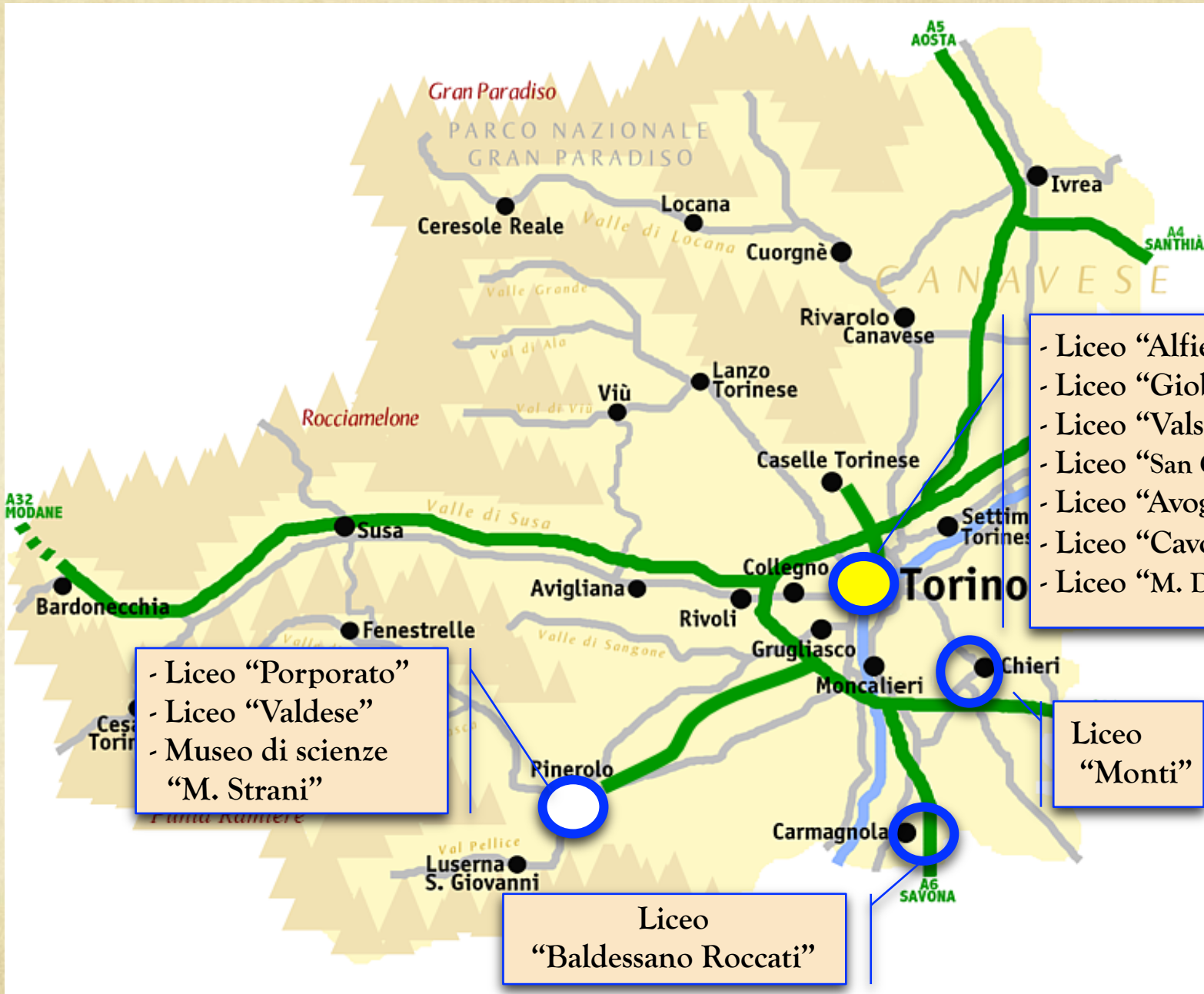


Questa collaborazione ha l'obiettivo di **valorizzazione, conservazione e diffusione** del patrimonio culturale scientifico nella speranza di trasformare collezioni “dimenticate” in strumento didattico

- **18 licei classici** fondati nel *19° secolo* che conservano collezioni scientifiche risalenti, in parte, al vecchio gabinetto di Fisica della scuola.
- licei classici perché sono le scuole più antiche, e pertanto è possibile trovare collezioni scientifiche di pregio



MUBEC - LICEO "Vasco-Govone-Beccaria" a Mondovì

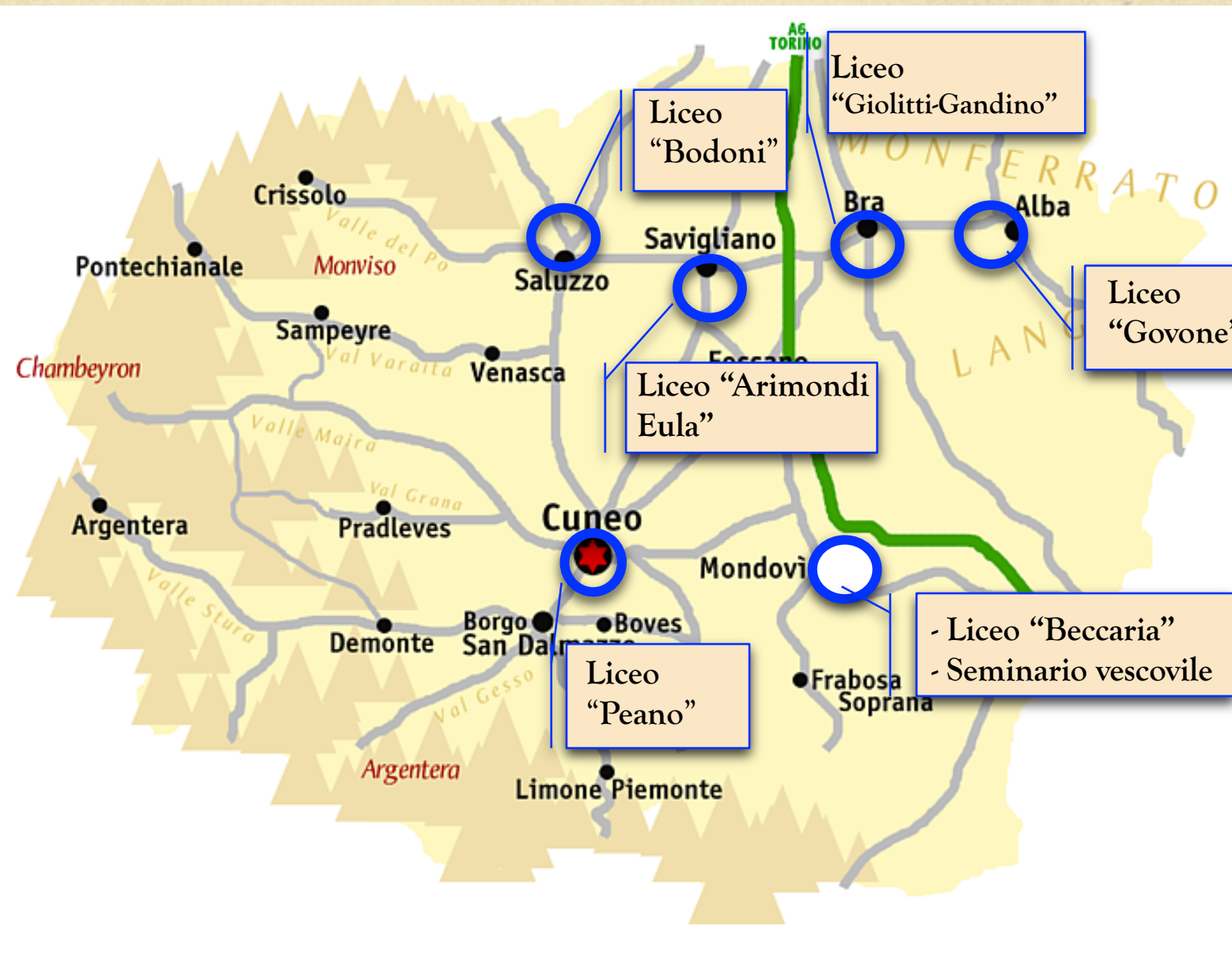


- Liceo "Alfieri"
- Liceo "Gioberti"
- Liceo "Valsalice"
- Liceo "San Giuseppe"
- Liceo "Avogadro"
- Liceo "Cavour"
- Liceo "M. D'Azeglio"

- Liceo "Porporato"
- Liceo "Valdese"
- Museo di scienze "M. Strani"

Liceo "Monti"

Liceo "Baldessano Roccati"



Liceo
"Bodoni"

Liceo
"Giolitti-Gandino"

Liceo
"Govone"

Liceo "Arimondi
Eula"

- Liceo "Beccaria"
- Seminario vescovile

Liceo
"Peano"

Stato dell'arte delle collezioni scientifiche scolastiche: diverse situazioni

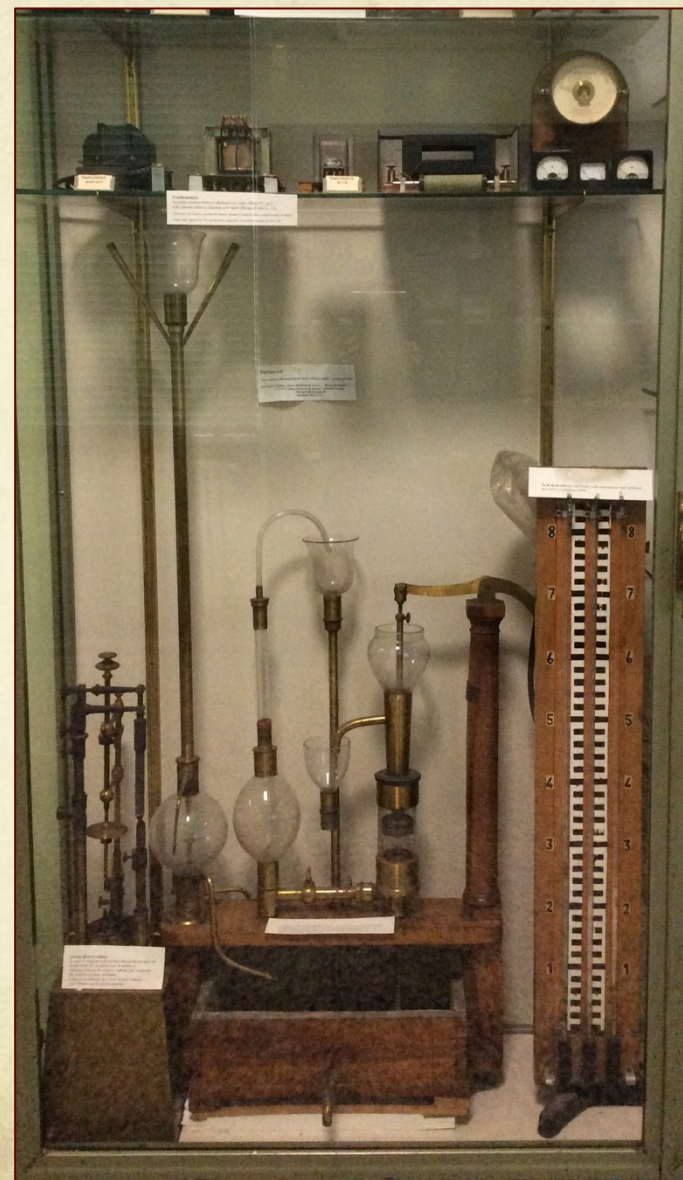
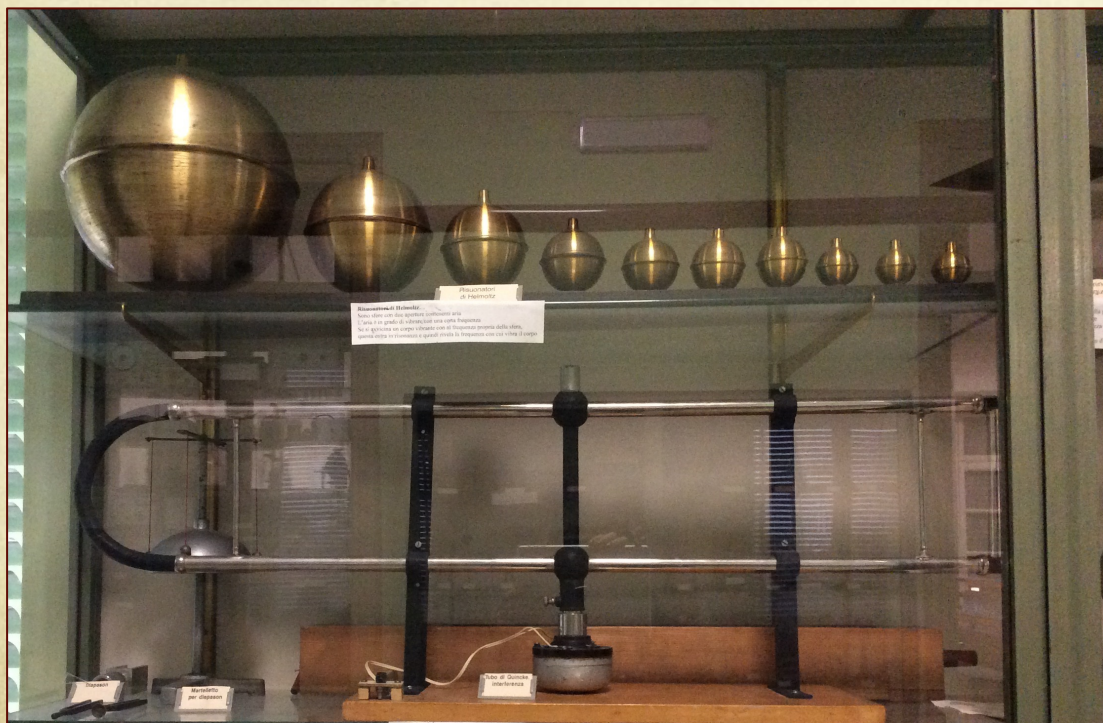
Abbiamo trovato le seguenti diverse situazioni nelle scuole:

1. Strumenti **conservati in scatoloni** nei ripostigli e non più utilizzati
2. Strumenti **accattastati in mobili o scaffali** nel laboratorio
3. Strumenti **esposti in parte** nelle vetrinette e talvolta mostrati durante la lezione
4. Veri e propri **musei**, aperti ai visitatori, in giorni stabiliti

Liceo "Valsalice" - TORINO

Anno di fondazione: 1879

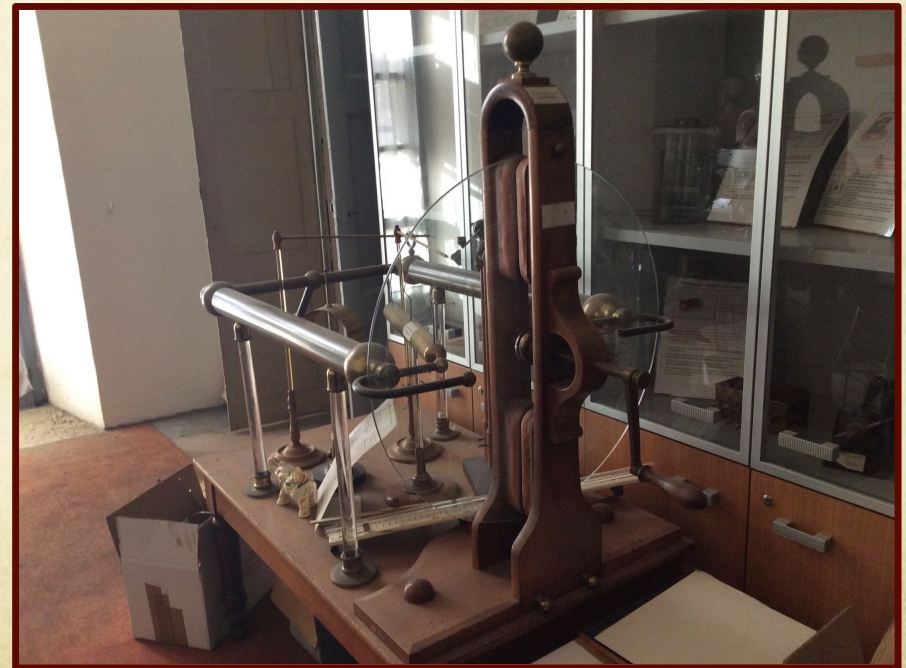
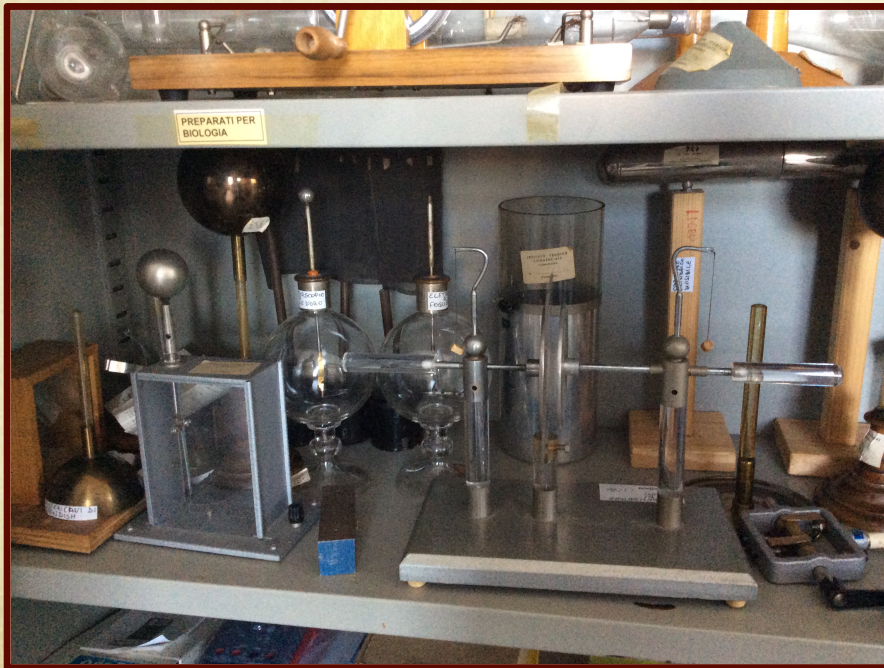
Collezione completa nelle vetrinette nei corridoi e nel laboratorio della scuola. Catalogazione necessaria.

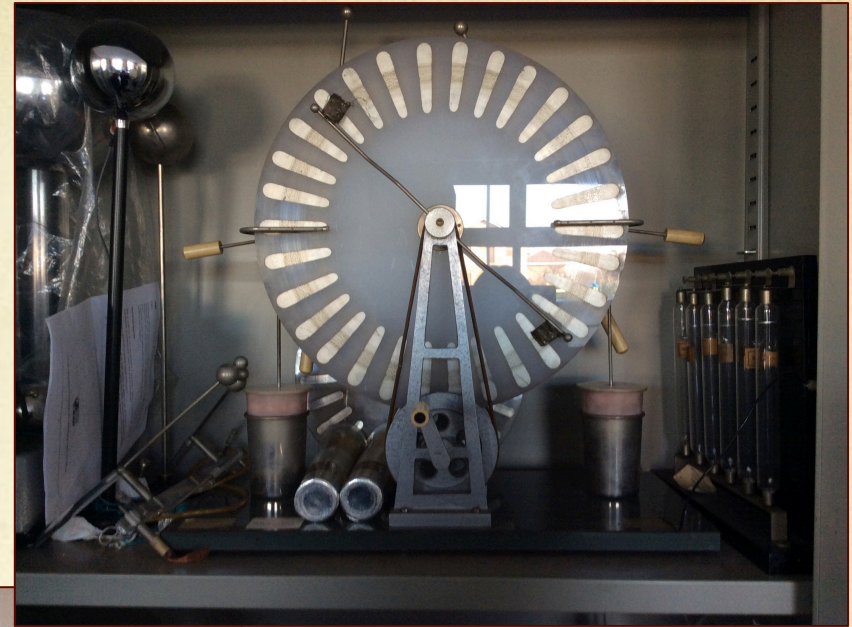


Liceo “Baldessano Roccati” - CARMAGNOLA

Anno di fondazione: 1860

Collezione in riallestimento e da catalogare. Verrà collocata nella sede storica della scuola





*Liceo "Baldessano Roccati" a
Carmagnola*

Liceo “Porporato” - PINEROLO

Year of foundation: 1862

Collezione in condizione ottima collocata in vetrinette di legno nei corridoi della scuola (parte degli strumenti deve essere ancora esposta).





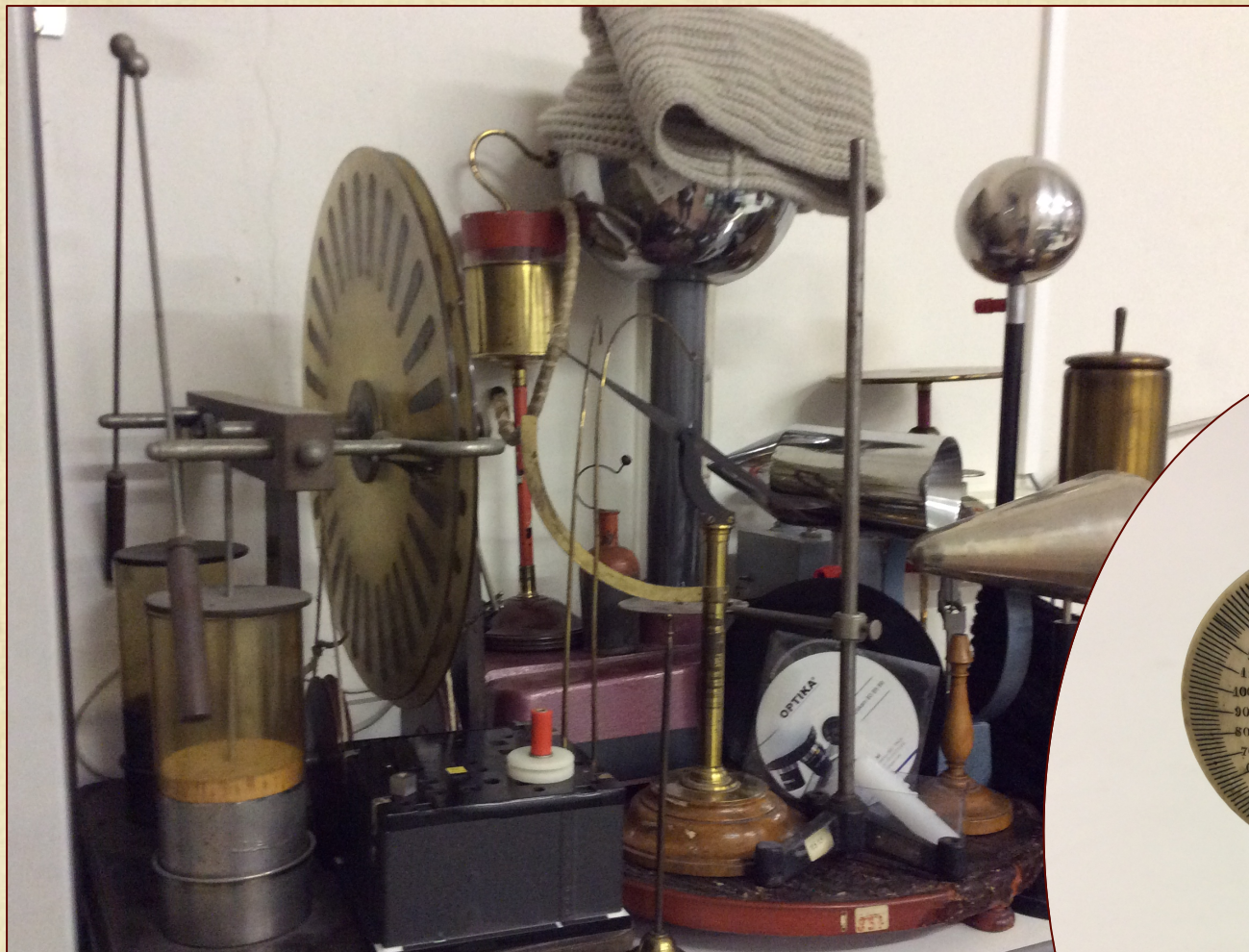
*Liceo "Porporato"
a Pinerolo*

Liceo "Govone" - ALBA

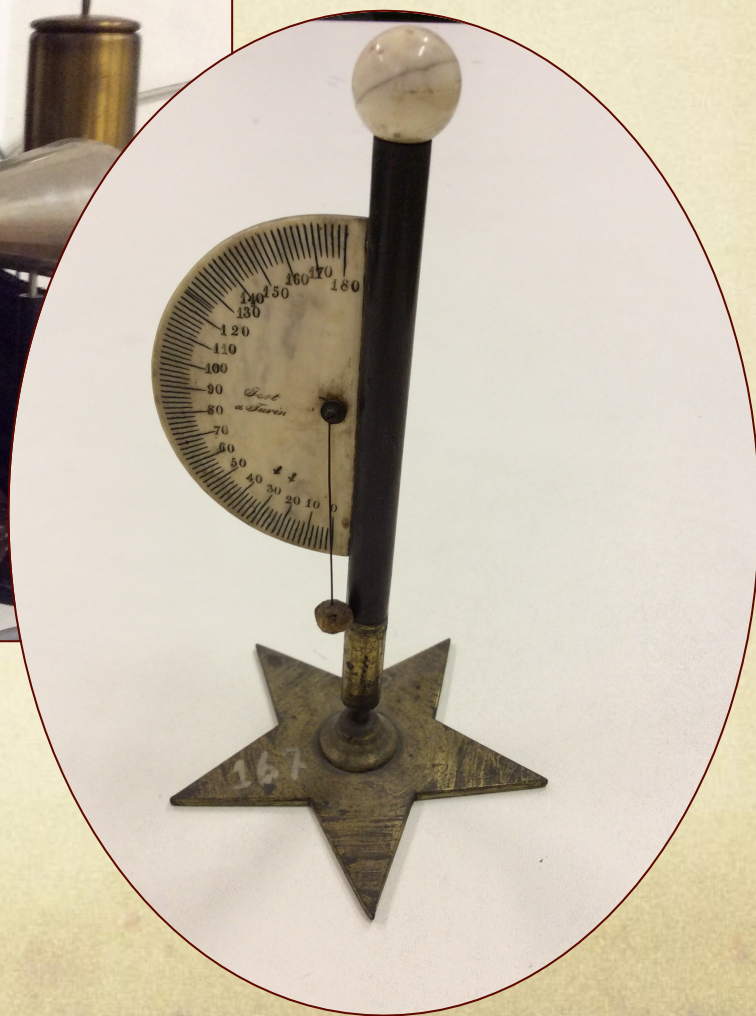
Anno di fondazione: 1882

Collezione ricca, parzialmente esposta nelle vetrinette e in parte conservata negli armadi del laboratorio. Alcuni strumenti sono usati nelle lezioni.
Catalogazione necessaria

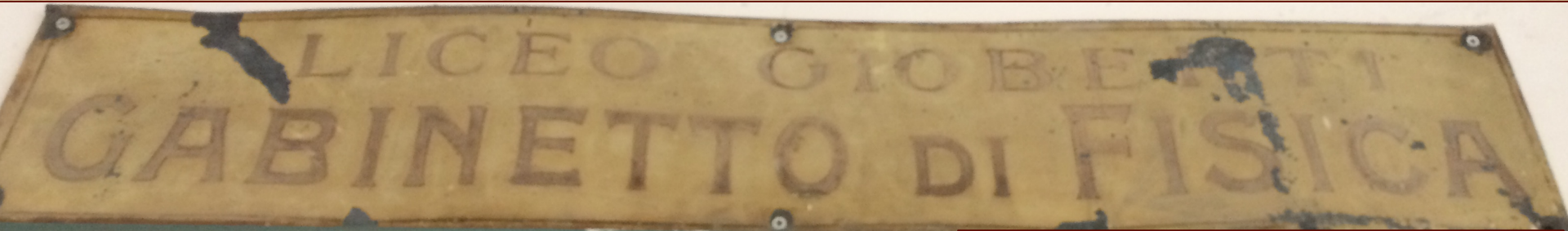




*Strumenti di elettrostatica e elettrometro di
E.F. Jett (Liceo "Govone" – ALBA)*



Liceo "Gioberti" - TORINO



Anno di fondazione: 1822

la collezione comprende più di 1200 strumenti, molti ancora utilizzabili e in buono stato. Archivio storico della scuola

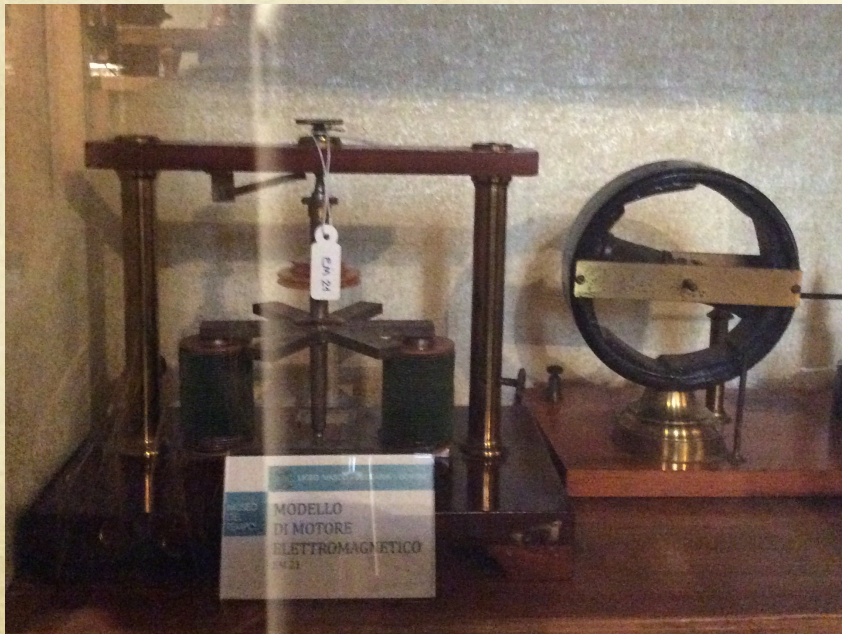


Liceo “Vasco-Beccaria-Govone”- MONDOVI

ANNO FONDAZIONE: 1860

STATO: Collezione in ottimo stato ed organizzata in vetrine di legno in una stanza allestita ad hoc. Inventari e elenco. Schede da revisionare e sistemare





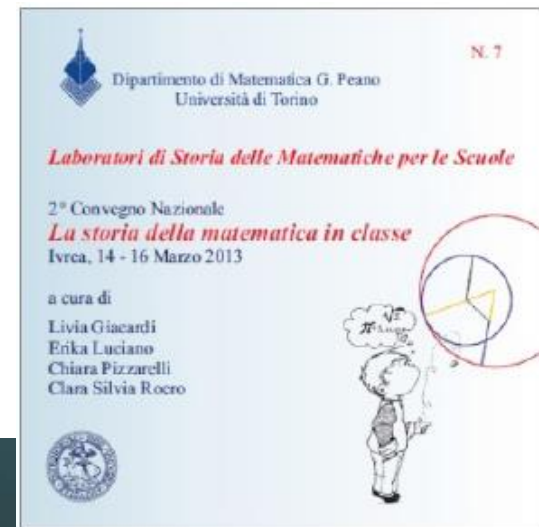


Il piacere di insegnare - Il piacere di imparare la matematica

La storia della matematica in classe: dalle materne alle superiori

19, 20 e 21 ottobre 2017
CENTRO CONGRESSI LA FORTEZZA
Via dei Montefeltro - Sansepolcro

Strumenti matematici: dalla storia alla scuola Esperienze a Torino e in Italia



GEOMETRIA

- I problemi con *riga e compasso*
- I problemi classici: *tracciatori di curve*
- Le Coniche: da *coni solidi* ai *conigrafi*
- Modelli geometrici
- ...

CALCOLO

- *Tecniche di calcolo nella storia*
- *Scacchiere binario e regoli* di J. Napier
- *Pascalina* di B. Pascal
- *Macchina analitica* di C. Babbage
- ...

INGEGNERIA E ARTE

- *Prospettografi*
- *Pantografi*
- *Planimetri*
- ...

FISICA E ASTRONOMIA

- Strumenti di misura
- Calendari meccanici
- ...

Storia degli
strumenti
matematici

GEOMETRIA

- I problemi con *riga e compasso*
- I problemi classici: *tracciatori di curve*
- Le Coniche: da *coni solidi* ai *conigrafi*
- **Modelli geometrici**
- ...



Storia degli
strumenti
matematici



DIPARTIMENTO
DI MATEMATICA
GIUSEPPE PEANO
UNIVERSITÀ DI TORINO



Piano Lauree Scientifiche
In collaborazione con INFN, INFN-Scienze, Cnr/Infn

Piano Lauree Scientifiche Piemonte 2015
in collaborazione con il Dipartimento di Matematica
dell'Università di Torino

*Giorgio Audrito, Ubertino Battisti, Massimo Borsero,
Alberto Raffero, Saverio Tassoni, Luisa Testa*

ESPLORAZIONE DEI SOLIDI E OLTRE: FARE GEOMETRIA CON GLI ZOMETOOL

A cura di:
Ornella Robutti

Ledizioni

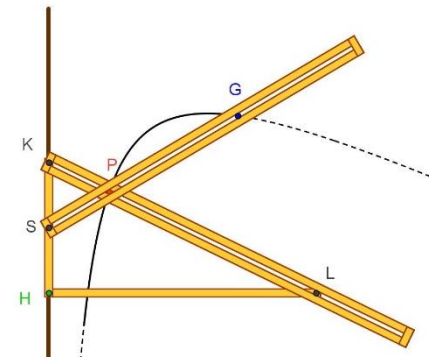
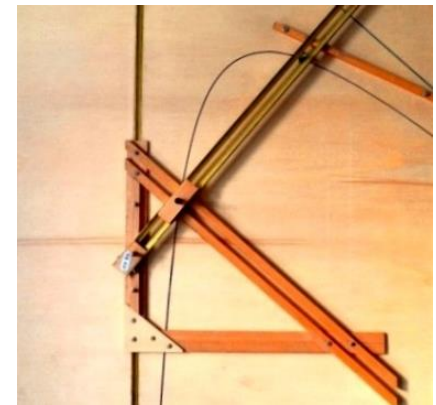
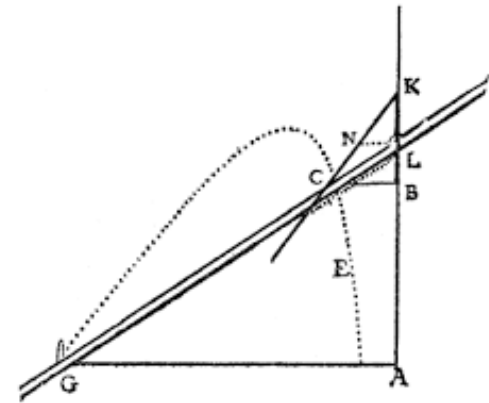
Un esempio: i tracciatori di curve

Liceo Potenziato in Matematica (Torino):

approfondimenti sulle coniche tramite i materiali sui conigrafi proposti dal *Laboratorio di Macchine Matematiche* (Modena)

www.macchinematematiche.org

- ✓ A partire da disegni originali tratti da fonti storiche, realizzazione di macchine matematiche con materiali poveri (corda, LEGO, ...)
- ✓ Analisi della macchina: com'è fatta? Cosa fa? Perché lo fa? Cosa succederebbe se...?
- ✓ Esplorazione del luogo tracciato e costruzione con l'uso di software dinamici
- ✓ Congettura e costruzione di dimostrazioni sul luogo geometrico
- ✓ Confronto con altre macchine analoghe



Iperbolografo di
Descartes

Un esempio: la moltiplicazione nella storia

Piano Lauree Scientifiche (Torino):
percorsi sulle *Tecniche di calcolo nelle civiltà*

- ✓ La moltiplicazione egizia
- ✓ La moltiplicazione con le dita e con l'abaco
- ✓ Artifici grafici differenti nella moltiplicazione per gelosia e per crocetta
- ✓ Lo scacchiere binario e i regoli di J. Napier
- ✓ I bastoncini di Genaille-Lucas



x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91
2	2	22	44	66	88	110	132	154	176	198
3	3	33	66	99	132	165	198	231	264	297
4	4	44	88	132	176	220	264	308	352	396
5	5	55	110	165	220	275	330	385	440	495
6	6	66	132	198	264	330	396	462	528	594
7	7	77	154	231	308	385	462	539	616	693
8	8	88	176	264	352	440	528	616	704	792
9	9	99	198	297	396	495	594	693	792	891

9 3 4

2	0	i	3
7	9	2	
0	0	0	
9	3	4	i
3	i	i	
6	2	6	4

**Evoluzione dei metodi nella storia e
confronto fra tecniche e strumenti**

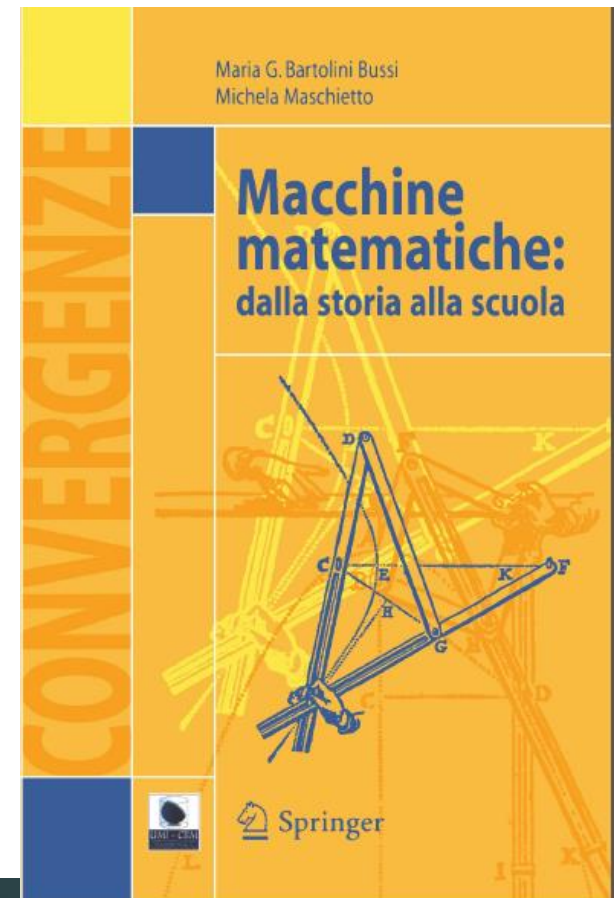
Esempi dall'Italia

Nucleo di Ricerca in Storia e Didattica della Matematica dell'Università di Modena (M. BARTOLINI BUSSI).

Laboratorio di Macchine Matematiche

- ✓ Progettazione e costruzione di macchine matematiche funzionanti, a partire da fonti storiche (dalla Grecia classica all'epoca moderna)
- ✓ Esposizioni in mostre
- ✓ Attività di laboratorio in sede
- ✓ Percorsi didattici a lungo termine in classe

www.macchinematematiche.org



Esempi dall'Italia

Il Giardino di Archimede. Un museo per la matematica a Firenze
Scuola Normale Sup. di Pisa, Univ. Firenze, di Pisa, di Siena, UMI,
Istituto Nazionale di Alta Matematica (**E. GIUSTI**).

- ✓ Museo di strumenti e macchine matematiche
- ✓ Percorsi guidati e laboratori
- ✓ Materiali per l'allestimento di laboratori permanenti nelle scuole

IL GIARDINO DI ARCHIMEDE
unmuseo
per la [matematica]

www.math.unifi.it

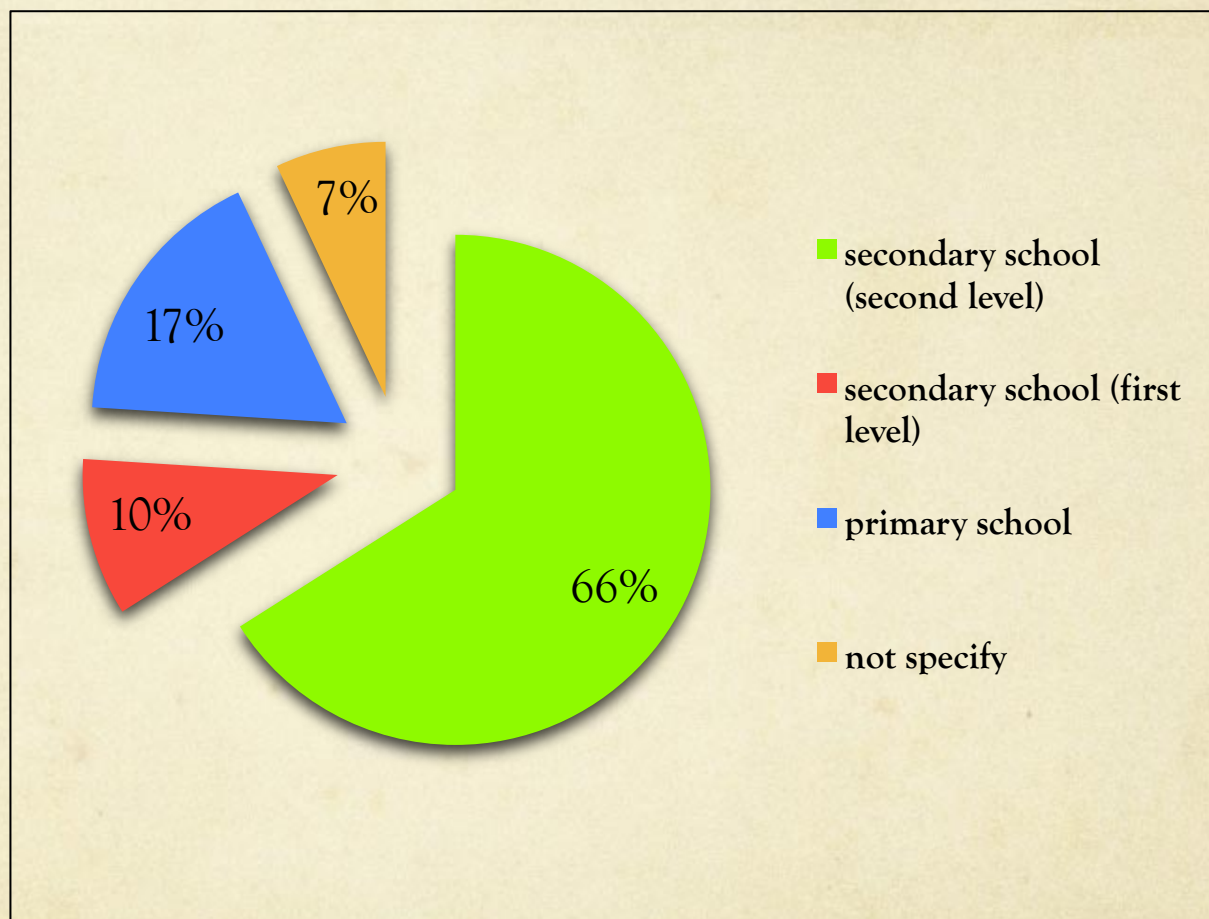
Bibliografia essenziale

- Anichini G., Arzarello F., Ciarrapico L., Robutti O. (Eds.) (2004). *Matematica 2003. La matematica per il cittadino. Attività didattiche e prove di verifica per un nuovo curricolo di Matematica (Ciclo secondario)*. Lucca, Matteoni stampatore
- Bartolini Bussi M.G., Maschietto M. 2006. *Macchine matematiche: dalla storia alla scuola*, Collana Convergenze, Milano, Springer.
- Bartolini Bussi M., Taimina D., Isoda M. 2010, Concrete models and dynamic instruments as early technology tools in classrooms at the dawn of ICMI: from Felix Klein to present applications in mathematics classrooms in different parts of the world. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 42(1), 9-31
- Giacardi L. 2009, The School as a «Laboratory». Giovanni Vailati and the Project for the Reform of the Teaching of Mathematics in Italy, *International Journal for the History of Mathematics Education*, 4.1, 5-280
- Giacardi L. 2015, Models in Mathematics Teaching in Italy (1850-1950). In C. Bruter (Ed.), *Mathematics and art III*, Paris, ESMA
- Marcolongo R. 1922, Materiale didattico di Battaglini, *Giornale di Matematiche*, XL, 1-14

L'approccio storico nell'insegnamento della Fisica

Questionario rivolto ai docenti con l'obiettivo di: indagare il motivo che porta (o non porta) il docente a scegliere l'approccio storico per introdurre i concetti scientifici

Campione:
160 insegnanti



“È utile affiancare un approccio storico alla normale didattica disciplinare per mostrare l’evoluzione tecnologica della strumentazione?”

- ✓ Contestualizzare le scoperte e l’evoluzione scientifica (42)
- ✓ Motivare gli studenti (6)
- ✓ Mostrare teorie sbagliate ed errori (5)
- ✓ Collegamenti con altre discipline (5)
- ✓ Collegamenti tra la storia e lo sviluppo del pensiero scientifico(2)
- ✓ Collegamenti tra teoria e pratica (1)

Attività didattiche


Il percorso didattico al Museo di Fisica si è inserito nelle attività di orientamento offerte del Dipartimento di Fisica ed inserite nel PLS. L'attività al museo prevede:

- ✓ **ATTIVITA' SPERIMENTALI** ricostruendo strumenti con materiale povero ispirati a oggetti del Museo
- ✓ **VISITA GUIDATA** del museo di Fisica dove si trovano gli strumenti originali
- ✓ Le attività sono progettate con lo scopo di offrirci una migliore conoscenza delle rappresentazioni mentali degli studenti e per migliorare la comprensione del concetto.

Attività nelle scuole

❖ Liceo Gioberti

11 classi, 3 percorsi differenti, 7 docenti coinvolti

 *Comunicazione aula 6 (Maddalena Nicola)*

❖ Liceo Valsalice

2 classi (1 sperimentale e 1 di controllo), 1 docente che ha preparato con noi le lezioni

Rappresentazioni mentali degli studenti: il caso dell' elettrostatica

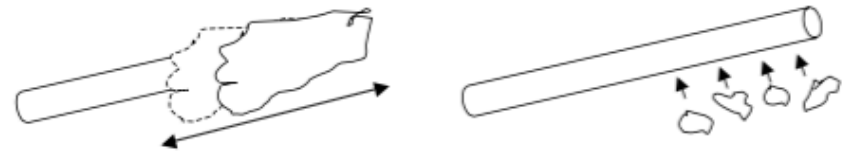
Pre-test presentato agli studenti delle scuole superiori e, in parte, progettato sulla base dell'evoluzione storica dell'elettrostatica

Campione: 245 studenti 4° e 5°
secondaria secondo
(sottoinsieme di 45 studenti del liceo
Gioberti)

Data di nascita Scuola

Museo di Fisica – Università di Torino

1. Una barretta di plastica viene strofinata ripetutamente con un panno di lana. Dopo aver avvicinato la penna a dei pezzettini di carta osserviamo che i pezzettini vanno ad attaccarsi alla penna.



Cosa pensi delle seguenti affermazioni? Ognuna di esse può essere vera o falsa.

V F I pezzettini di carta esercitano un'attrazione nei confronti della barra

Motivazione:

V F L'attrazione della carta è causata dal riscaldamento prodotto con lo strofinio

Motivazione:

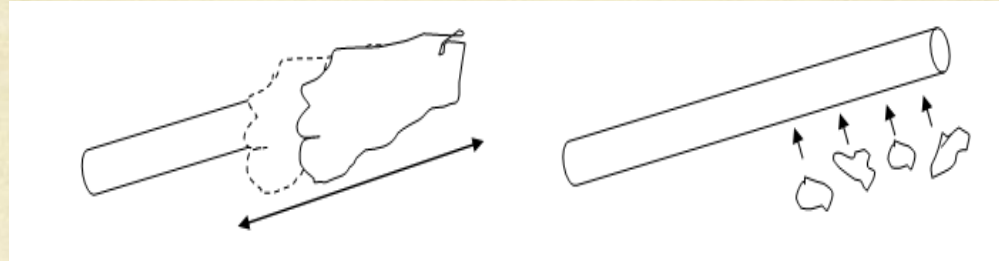
V F Dopo lo strofinio ai lati estremi della barretta ci sono cariche elettriche di segno opposto

Motivazione:

V F Dopo lo strofinio su barretta e panno ci sono cariche elettriche di segno opposto

Motivazione:

Una barretta di plastica viene strofinata ripetutamente con un anello di lana. Dopo aver avvicinato la penna ai pezzettini di carta osserviamo che i pezzettini vanno ad attaccarsi alla penna.



L'attrazione della carta è causata dal **riscaldamento** prodotto con lo strofinio

	Pretest totale	Pretest Gioberti	Post Gioberti
Campione	245	45	44
Vero	90	31	7
Falso	154	14	36
Non risp	1	0	1

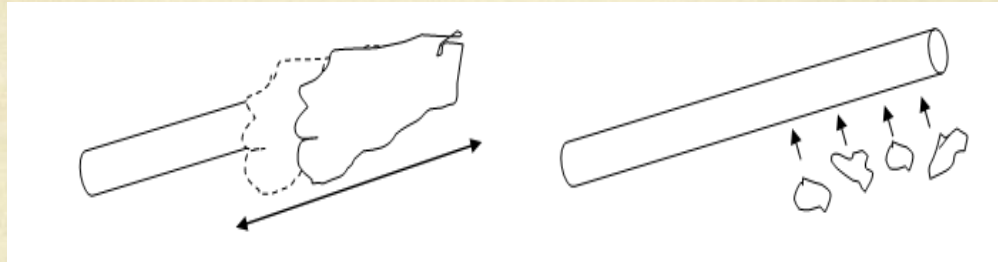
ALCUNE MOTIVAZIONI

Il calore prodotto

- Aumenta/provoca attrazione
- Produce energia
- Crea/produce carica elettrica
- Altera la configurazione elettrica

“Amber’s attraction is much assisted by warmth and friction”
(Gerolamo Cardano, 1550)

I pezzettini di carta esercitano un'attrazione nei confronti della barra



	Pretest totale	Pretest Gioberti	Post Gioberti
Campione totale	245	45	44
Vero	68	7	5
Falso	176	38	39



(solo) la barra attrae i pezzettini di carta

Non sempre funziona questo approccio!

Circa l' 87% del campione del Gioberti risponde in modo errato alla domanda sia nel pre che nel post, sottolineando le difficoltà ben note poste dalle 3° legge di Newton.

“Amber is not attracted in turn by a straw” (Cardano)

Attività in laboratorio

Durante l'attività sperimentale vengono approfonditi, anche attraverso la discussione in gruppo, i processi che hanno portato alla possibilità di accumulare carica (bottiglia di Leida)



...al concetto di carica elettrica positiva e negativa ed alla quantificazione della carica (elettroscopio)



ed alla realizzazione di una differenza di potenziale mantenuta stabile, punto di partenza per la realizzazione di circuiti (pila di Volta).

