

LA RICERCA TRA DIDATTICA, STORIA E FONDAMENTI DELLA FISICA: SPECIFICITÀ E INTERAZIONI

**Dipartimento di Fisica
Università di Pavia**

Anna De Ambrosis, Lidia Falomo, Lucio Fregonese, Gianluca Introzzi,
Massimiliano Malgieri, Paolo Mascheretti, Pasquale Onorato

19 maggio 2015

LA RICERCA IN PHYSICS EDUCATION IN CHE COSA CONSISTE?

Tratta di fenomeni e problemi collegati con la specificità del contenuto disciplinare, non riducibili né risolubili in un quadro generale psicopedagogico.

E' quindi diversa dalla ricerca in pedagogia e psicologia dell'apprendimento.

Per questo la ricerca in **Physics Education** viene condotta all'interno
dei **Dipartimenti di Fisica**

Il fuoco della ricerca è sullo studente che apprende non è sul docente che insegna

Come ricerca applicata prevede indagini sistematiche su come gli studenti di vari livelli di età capiscono concetti e principi fisici importanti

Utilizza i risultati di queste indagini come punto di partenza per lo sviluppo di materiali didattici innovativi e verifica la loro efficacia sulla base dei risultati di apprendimento degli studenti

Come avviene per ogni tipo di ricerca, i risultati vengono diffusi attraverso riviste scientifiche e convegni specifici.

Quando i *risultati* circa le difficoltà degli studenti e i modi per superarle diventano riproducibili (e non dipendono dal particolare insegnante o dal particolare corso) allora possono essere considerati come *fatti* ragionevolmente accettabili e in base a questi costruite “*humble theories*”

Temi di ricerca

Storia e filosofia
della scienza

Modelli e
analogie

STS - Scienza
tecnica e società

Sequenze di
insegnamento-
apprendimento

Cambiamento
concettuale

Ruolo degli
esperimenti

Tecnologie
informatiche

**Concezioni e
rappresentazioni mentali**

Problem
solving

Educazione
non
formale e
informale

Formazione degli
insegnanti

Argomentazione
scientifica

.....

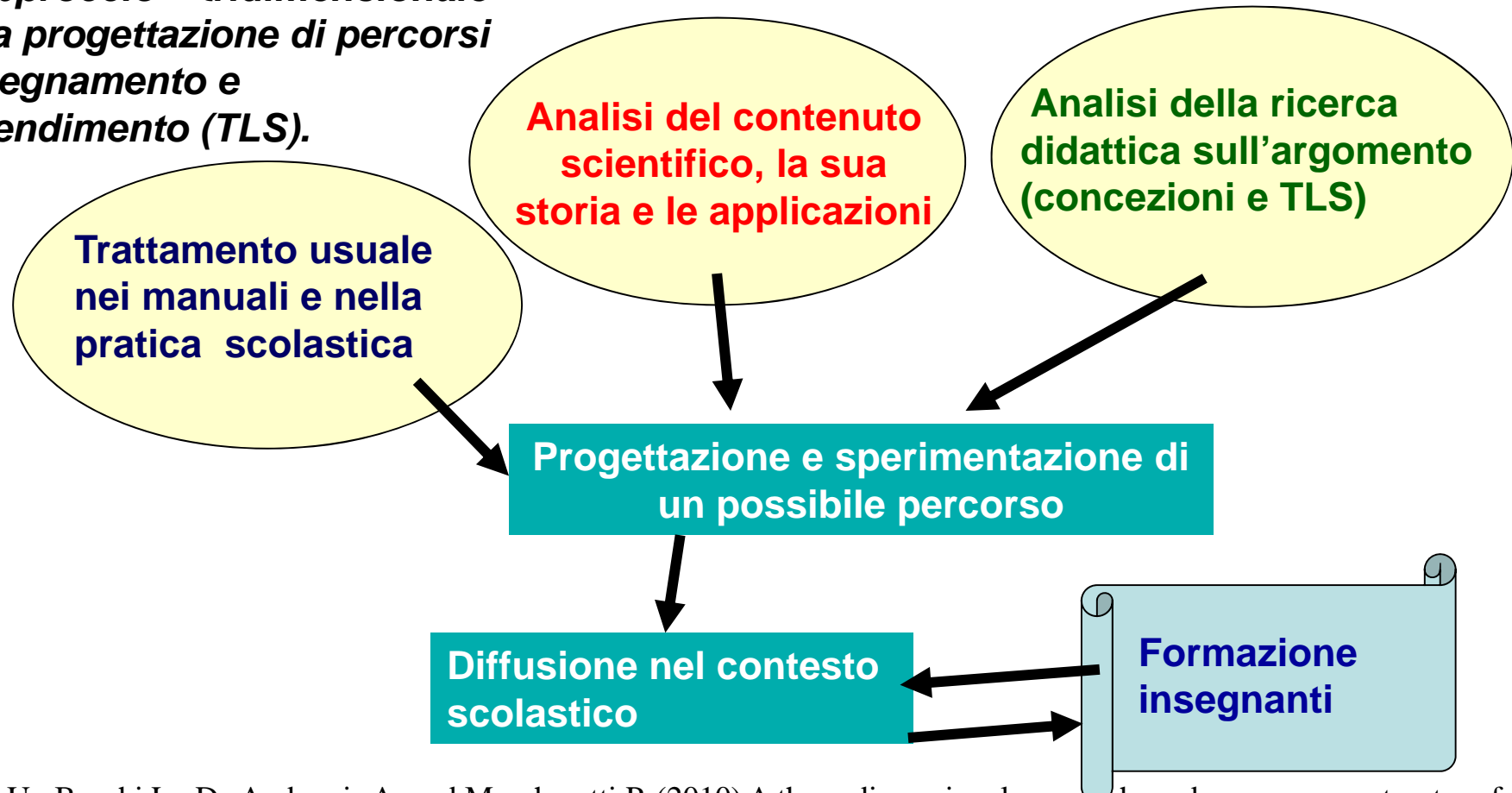
.....

**Rilanciare l'interesse dei giovani per lo studio delle
materie scientifiche e della fisica
e in generale per la scienza come cultura**

RIPENSARE ALLA FISICA PER L'INSEGNAMENTO

Analisi concettuale e ricostruzione didattica del contenuto

*Un approccio « tridimensionale »
per la progettazione di percorsi
d'insegnamento e
apprendimento (TLS).*



Besson U., Borghi L., De Ambrosis A. and Mascheretti P. (2010) A three-dimensional approach and open source structure for the design and experimentation of teaching learning sequences, *International Journal of Science Education* **32**, 1289–1313.

Quali sono i dati?

I dati di ricerca provengono da:

domande scritte, report sul lavoro svolto, registrazione di dialoghi di studenti, interviste, schede di lavoro, discussioni, relazioni scritte.

L'analisi dei dati avviene sia con metodi qualitativi, sia con metodi quantitativi, ad esempio *Rash model*, *Knowledge Integration analysis*, *Model analysis...*

Quando i *risultati* circa le difficoltà degli studenti e i modi per superarle diventano riproducibili (e non dipendono dal particolare insegnante o dal particolare corso) allora possono essere considerati come *fatti* ragionevolmente accettabili e in base a questi costruite “*humble theories*”

LA RICERCA IN PHYSICS EDUCATION

Progetti Nazionali e Internazionali

Piano Lauree Scientifiche (PLS)

Horizons in Physics Education (HOPE)

Partecipazione a organismi internazionali

GIREP – ESERA

Collaborazioni

Bologna, Udine, Palermo, Milano, Padova

ALCUNE PUBBLICAZIONI 2013-2015

- Teaching Energy Concepts by Working on Themes of Cultural and Environmental Value, Besson U., De Ambrosio A. *Science & Education* DOI 10.1007/s11191-013-9592-7 (2013)
- Studying the motion along cycloidal paths by means of digital video analysis, P. Onorato, P. Mascheretti, A. De Ambrosio *Eur. J. Phys.* 34 921-930 (2013)
- How can magnetic force do work? Investigating the problem with students, P. Onorato, A. De Ambrosio *Physics Education* 48 (6), 766 (2013)
- Reconstruction of Huygens' gedanken experiment and measurements based on video analysis tools, M. Malgieri, P. Onorato, P. Mascheretti and A. De Ambrosio *Eur. J. Phys.* 34 (2013) 1145–1157 (2013)
- Laboratory and multimedia in science teaching: experiments about the magnetic force, P. Onorato, A. De Ambrosio *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 116, 1280-1287 (2014)
- Phase transitions in one-dimensional mechanical models of thermodynamics and the physics of the Hall bar system, Onorato P., Malgieri M., De Ambrosio *Physics Letters A* 378 (5), 590-596 378, (5-6), 590–596 (2014)
- The surprising rolling spool: experiments and theory from mechanics to phase transitions, Onorato, M Malgieri, P Mascheretti, A De Ambrosio *European Journal of Physics* 35 (5), 055011 P (2014).
- Teaching quantum physics by the sum over paths approach and GeoGebra simulations, M Malgieri, P Onorato, A De Ambrosio *European Journal of Physics* 35 (5), 055024 (2014)
- Pre-service teachers' approaches to a historical problem in mechanics in a VBL setting , Malgieri M., Onorato P., Mascheretti P., De Ambrosio *Physics Education* 49 (5), 500 (2014)
- Investigating the role of sliding friction in rolling motion: a teaching sequence based on experiments and simulations, P Onorato, M Malgieri, P Mascheretti, A De Ambrosio, *European Journal of Physics* 36 035020 (2015).
- Insegnare la fisica quantistica a scuola: un percorso basato sul metodo dei cammini di Feynman, Massimiliano Malgieri, Pasquale Onorato e Anna De Ambrosio *GIORNALE DI FISICA* VOL. LVI, N. 1 Gennaio-Marzo 2015
- The surprising rolling spool: librational motion and failure of the pure rolling condition P Onorato, M Malgieri, P Mascheretti, A De Ambrosio accepted by *European Journal of Physics* (2015)

RICERCA FONDAMENTALE IN STORIA DELLA FISICA: FINALITÀ GENERALI

La Storia della Fisica non come ricerca «erudita» ma come **fonte di chiarimento concettuale** ripercorrendo (selettivamente) lo sviluppo di idee ed esperimenti fondamentali che hanno **formato la disciplina e rientrano nei programmi di studio**.

In altri termini: esaminare quelle che furono le **frontiere della fisica** per comprenderne meglio i contenuti, apprezzarne il valore culturale e il continuo percorso dell'innovazione scientifica.

RICERCA IN STORIA DELLA FISICA: TRASFERIMENTI/APPLICAZIONI

La storia della disciplina come significativo **complemento scientifico e culturale** e non come nota curiosa relegata in brevi note a margine dei libri di testo.

Nella **didattica** (a più livelli, dalla formazione degli insegnanti, ai corsi universitari, alle scuole di vari ordini) per una migliore comprensione dei contenuti della fisica e per uno stimolo al loro continuo approfondimento.

Nella **divulgazione** della disciplina per una migliore comprensione dei contenuti della fisica, del suo valore culturale, della continua ricerca di innovazione.

RICERCA IN STORIA DELLA FISICA: IL PATRIMONIO A PAVIA

L'università di Pavia è un Ateneo di grande tradizione storico-scientifica.

Fondata nel 1361 da Galeazzo II Visconti, fino al 1923 rimane l'Università centrale della Lombardia.

Possiede per queste ragioni un grande patrimonio di collezioni scientifiche librerie

Per la Fisica:

- 1) il Laboratorio di Fisica di Alessandro Volta (1745-1827),
- 2) il Laboratorio fisico ottocentesco dell'Università,
- 3) collezioni fisiche di epoca contemporanea.
- 4) il Fondo storico della Biblioteca delle Scienze e i testi della Biblioteca Universitaria.

PARTE DELLA “MATERIA PRIMA”: LE INVENZIONI DI ALESSANDRO VOLTA (Museo per la Storia dell’Università di Pavia)



LE RICERCHE IN STORIA DELLA FISICA: ALCUNE LINEE

Galileo (1564-1642) e il suo laboratorio .

Fisica del Settecento (non solo Volta: fertilità della fisica italiana e collegamenti con il contesto internazionale).

Storia degli strumenti scientifici (bilancia di torsione di Coulomb, elettrometria, telefonia: Bell, Meucci...).

La velocità della luce (ricostruzione degli esperimenti di Foucault con specchi rotanti, la competizione tra il modello corpuscolare e il modello ondulatorio della luce).

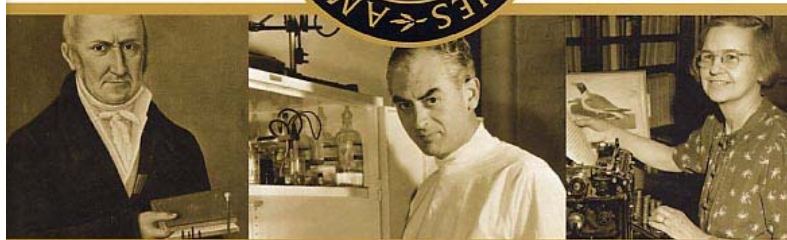
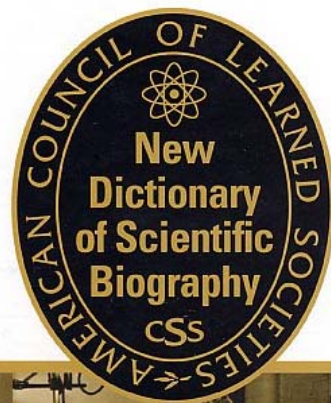
Da Volta al fotovoltaico (la complessa storia dei fenomeni di contatto tra materiali eterogenei, dalla pila di Volta al fotovoltaico, LED, ecc.).

Storia del moto Browniano (affermazione della realtà di atomi e molecole, fenomeni di fluttuazione che portano Einstein a formulare l'ipotesi del quanto di luce, il passaggio dal mondo classico al mondo quantistico).

LA FISICA DI GALILEO IN UNA MOSTRA: An Italian History of Innovation (Ginevra 2012)



STUDI VOLTIANI NELLA PRODUZIONE SCIENTIFICA INTERNAZIONALE: Voce nel NDSB



2

CABEO to EYSENCK

VOLTA, ALESSANDRO GIUSEPPE ANTONIO ANASTASIO (*b.* Como, duchy of Milan, Italy, 18 February 1745; *d.* Como, 5 March 1827), *natural philosophy, physics, electricity, chemistry, animal electricity, electrophysiology*. For the original article on Volta see *DSB*, vol. 14.

Alessandro Volta has been studied extensively, and many aspects of his science clarified, but scholars still lack a comprehensive and integrated account of his science. The only general attempt so far, a monograph published by Giovanni Polvani in 1942, is limited by increasingly evident inadequacies. This essay adopts a disciplinary approach, focusing on new perspectives in the three main areas of voltaic science: static electricity, chemistry, and animal electricity and the related invention of the battery.

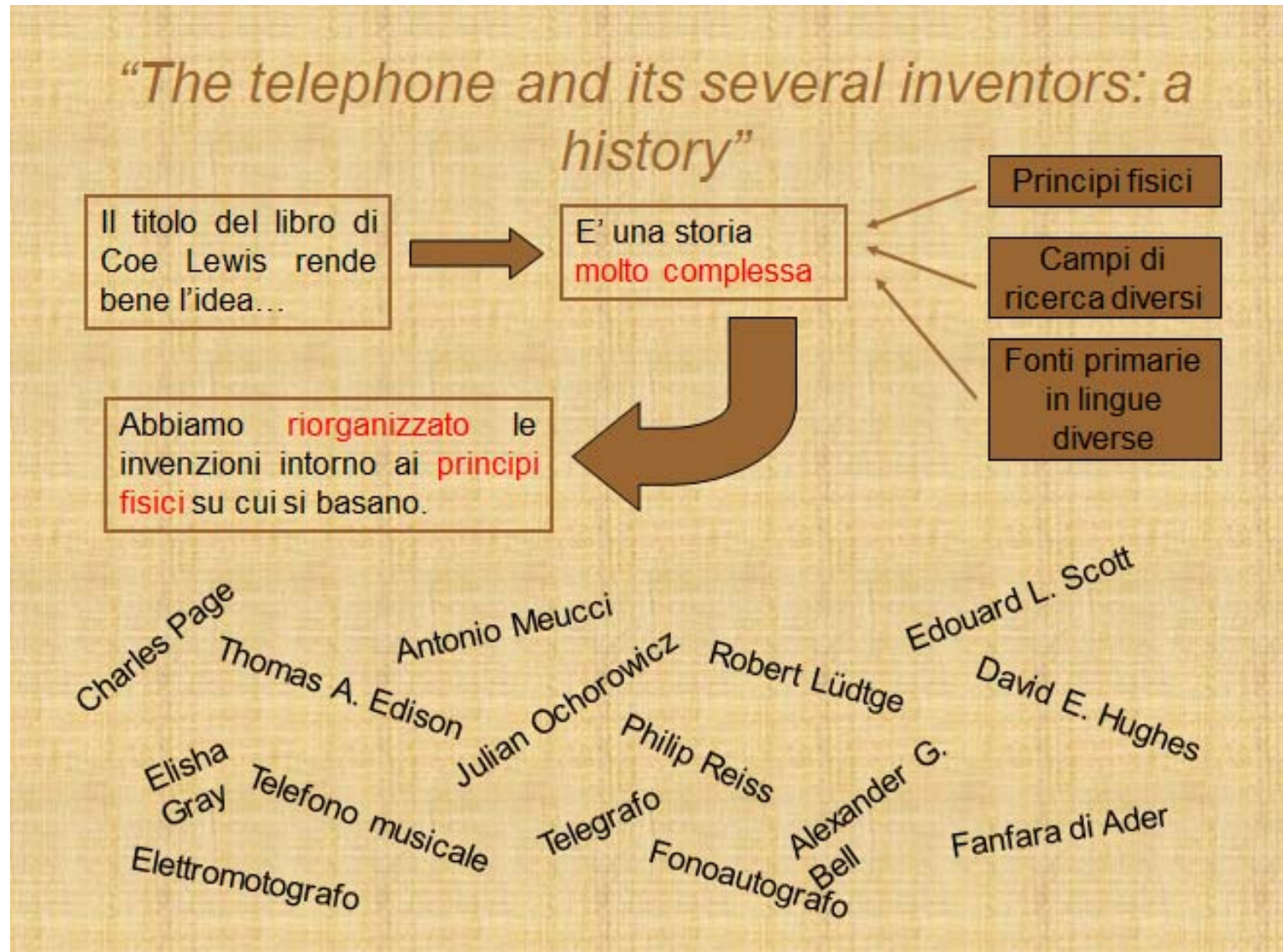
Static Electricity. Volta's work in the area of static electricity is traditionally divided into two stages. In 1966 Mario Gliozzi introduced the expressions "first manner" and "second manner" to define Volta's differing approaches to electricity in the years 1763–1777 and from 1778 on. Two of Volta's writings, the Latin paper *De Vi Attractiva Ignis Electrici ac Phaenomenis inde Pendentibus* (On the Attractive Force of the Electrical Fire and on the Phenomena Depending Thereon) (*Opere*, vol. 3, pp. 21–52) and

NEW DICTIONARY OF SCIENTIFIC BIOGRAPHY

L'ELETTROSTATICA DI COULOMB: case-studies e animazioni

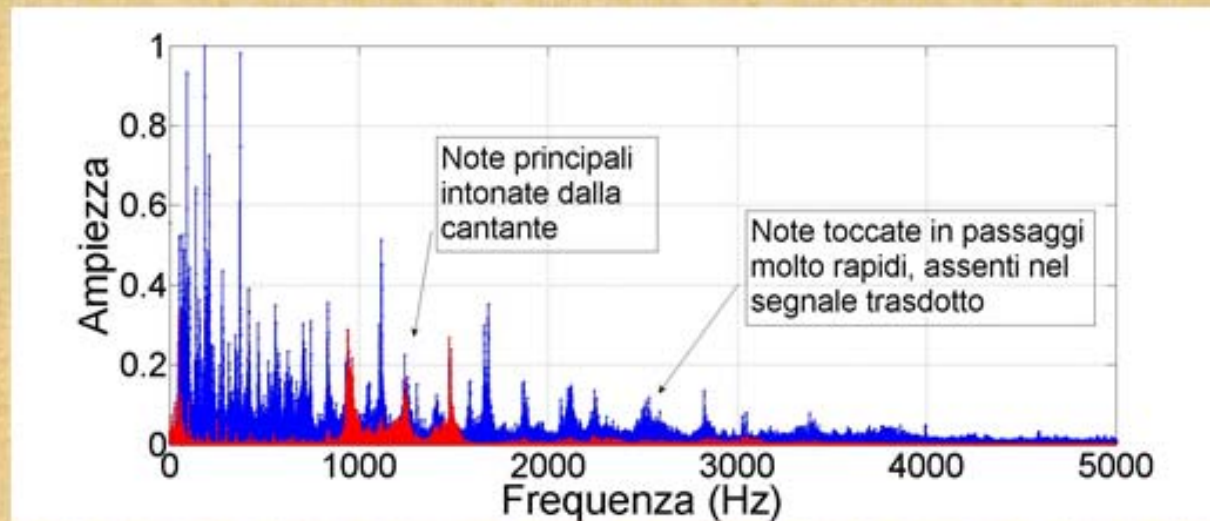
The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window displaying the website 'STeT Science Teacher e-Training'. The address bar shows the URL 'http://stet.wetpaint.com/page/Electrical+Torsion+Balance'. The page header includes the site logo and navigation links: Home, Discussions, Photos, Videos, News, Updates, Droplets, Members, Invite. A search bar is located on the left side of the page. The main content area features a video player titled 'Coulomb's electrical torsion balance' with a 5-star rating. The video player shows a close-up of the torsion balance apparatus. The YouTube logo is visible in the bottom right corner of the video player.

LA STORIA (molto complessa) DEL TELEFONO

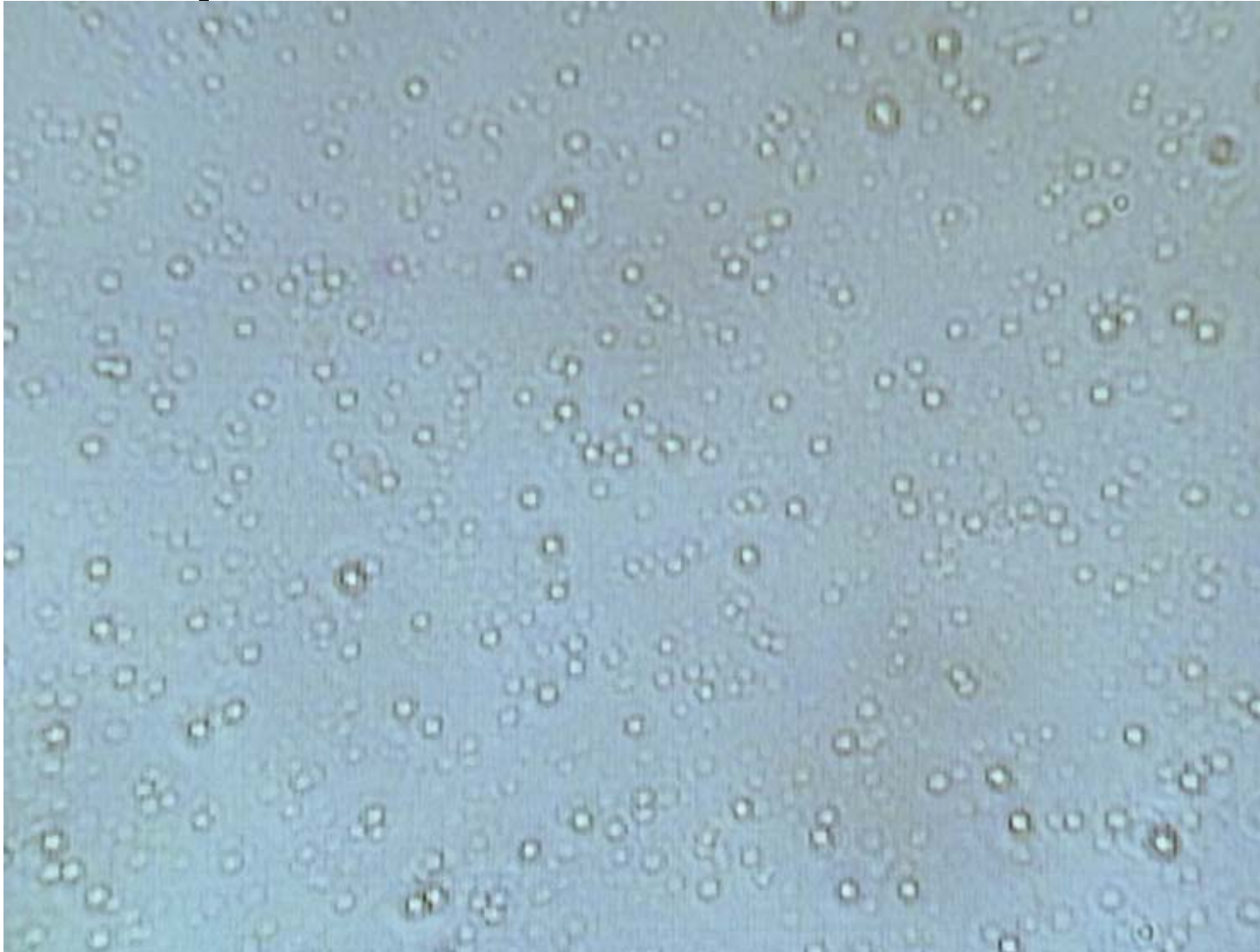


LA FISICA DEL TELEFONO

Voce molto alta



IL MOTO BROWNIANO: realtà degli atomi, fluttuazioni e ponte verso la nuova fisica

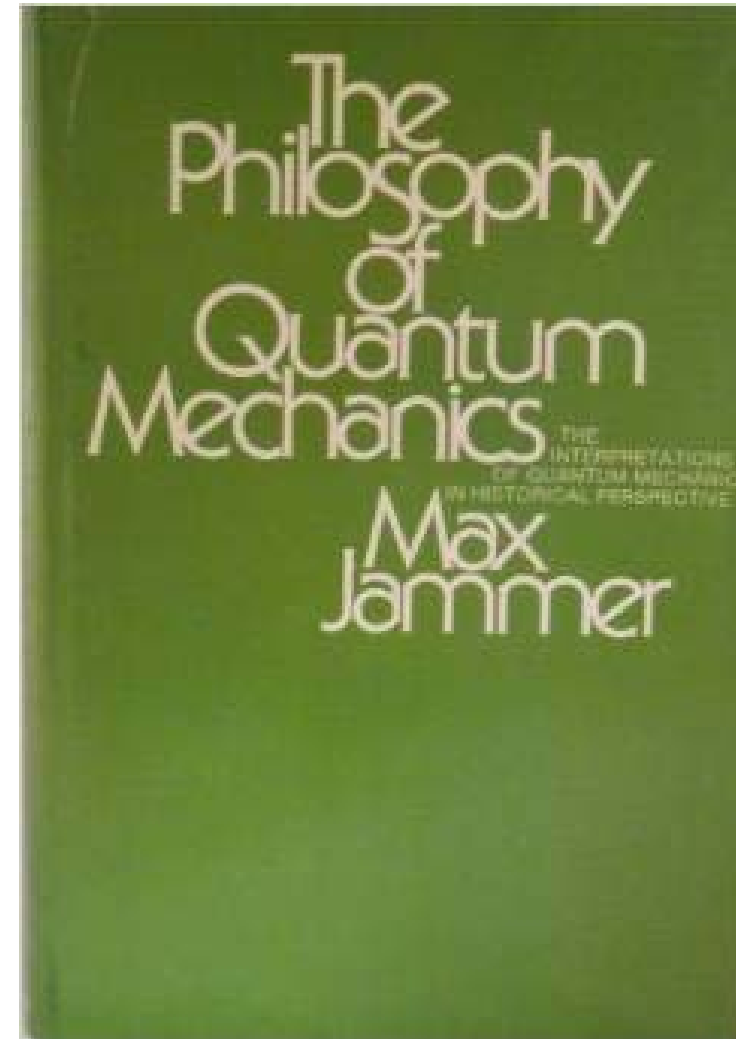
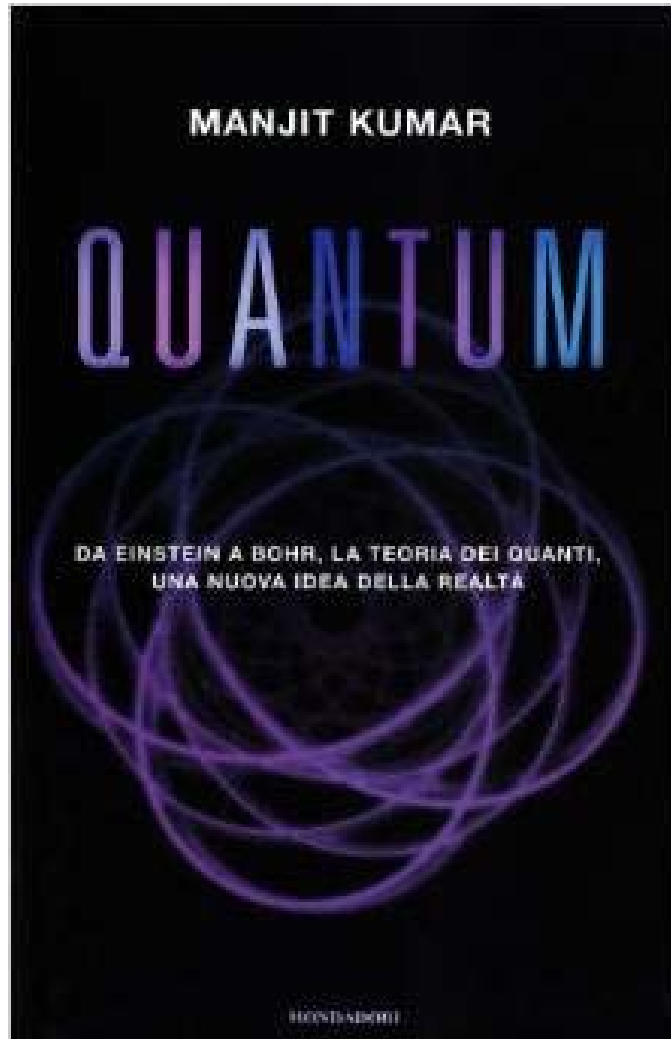


FONDAMENTI DELLA FISICA

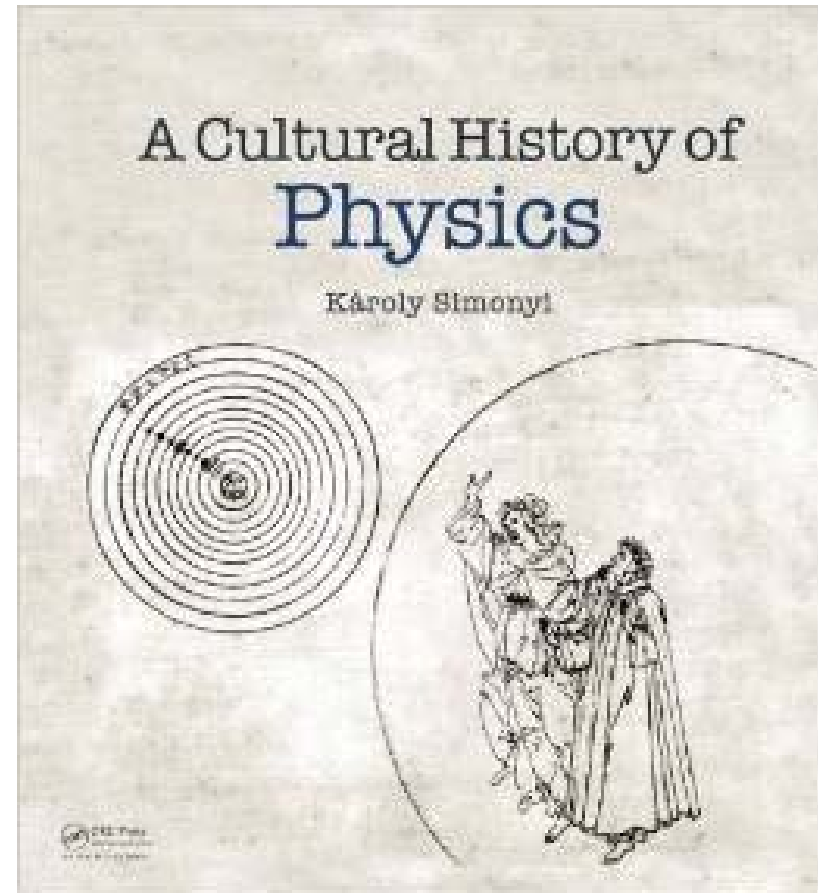
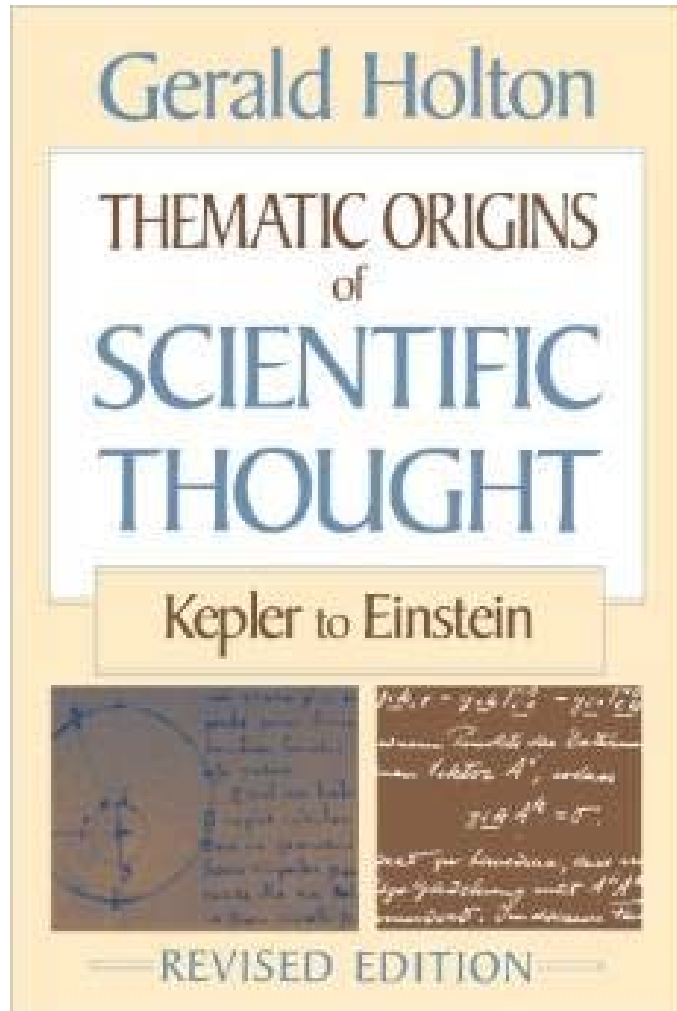


1927 Fifth Solvay International Conference on *Electrons and Photons*

FONDAMENTI DELLA FISICA



FONDAMENTI DELLA FISICA



***Percorsi di Ricerca
in Storia
e Didattica
della Fisica***



.. costruzione di un **percorso didattico** per studenti di scuola secondaria mirato a fornire sia una **visione chiara della struttura concettuale ed epistemologica della teoria quantistica**, sia gli strumenti per risolvere alcuni tipici problemi che si incontrano nell'ambito di essa.



Insegnare la fisica quantistica a scuola: un percorso basato sul metodo dei cammini di Feynman
Massimiliano Malgieri, Pasquale Onorato e Anna De Ambrosis
GIORNALE DI FISICA VOL. LVI, N. 1 Gennaio-Marzo 2015

Seguendo una linea di ricerca consolidata **sull'uso didattico della somma sui cammini**, abbiamo lavorato con insegnanti in servizio e futuri insegnanti con l'obiettivo di costruire un **approccio efficace alla fisica quantistica basato sulla descrizione di Feynman** delle proprietà del fotone e in generale degli oggetti quantistici.

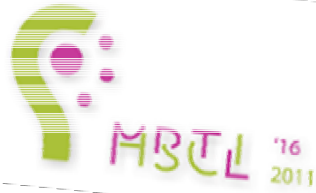
**DAI FONDAMENTI ALLA
DIDATTICA: UN PERCORSO
SULLA FISICA QUANTISTICA**

Rappresentazione schematica della sequenza didattica



Malgieri M., Onorato P. e De Ambrosis A.,
Eur. J. Phys., **35** (2014) 055024.

**UN PERCORSO SULLA
FISICA QUANTISTICA**



Multimedia in Physics Teaching and Learning

MPTL
Multimedia in Physics Teaching and Learning
UDINE (Italy)
September 23 - 25, 2009



Welcome to the MPTL'18 Website

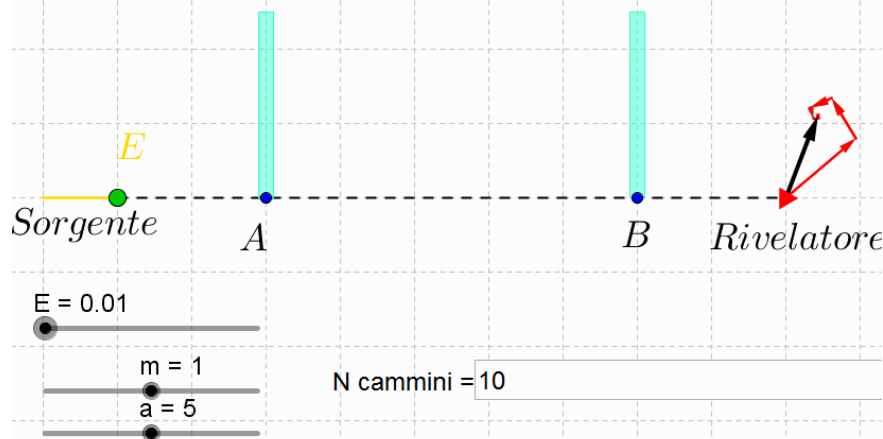
The International Conference on Multimedia in Physics Teaching and Learning provides an annual forum to exchange information and ideas about the use of multimedia in physics teaching and learning. MPTL'18 is the eighteenth in the series of these workshops.



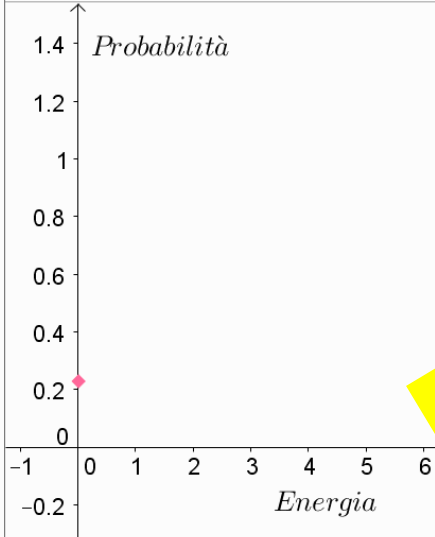


Graphics

CAVITA' RISONANTE



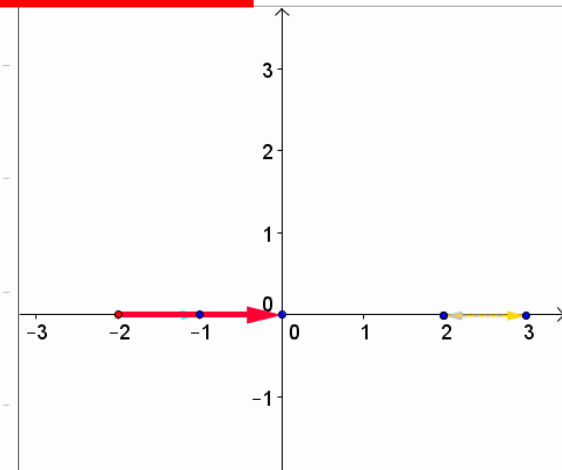
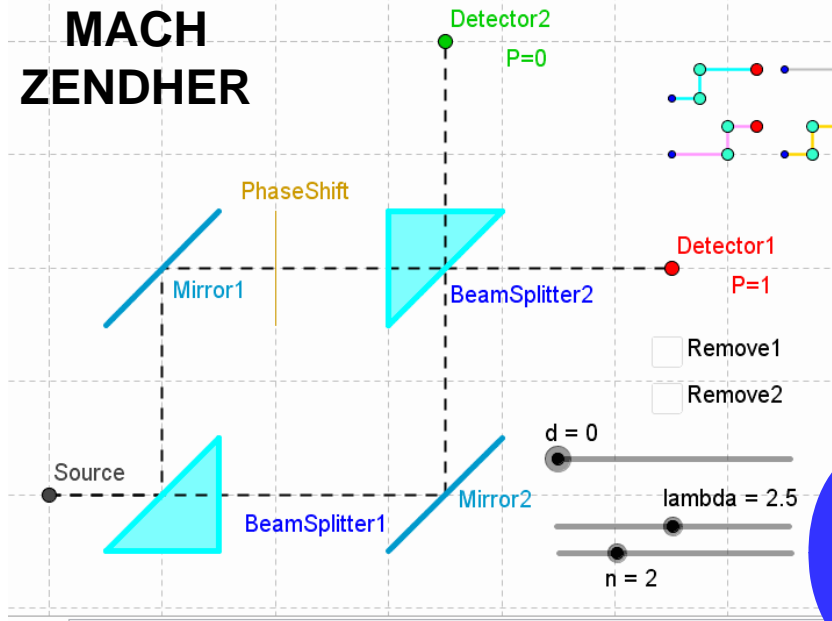
Graphics 2



SIMULAZIONI

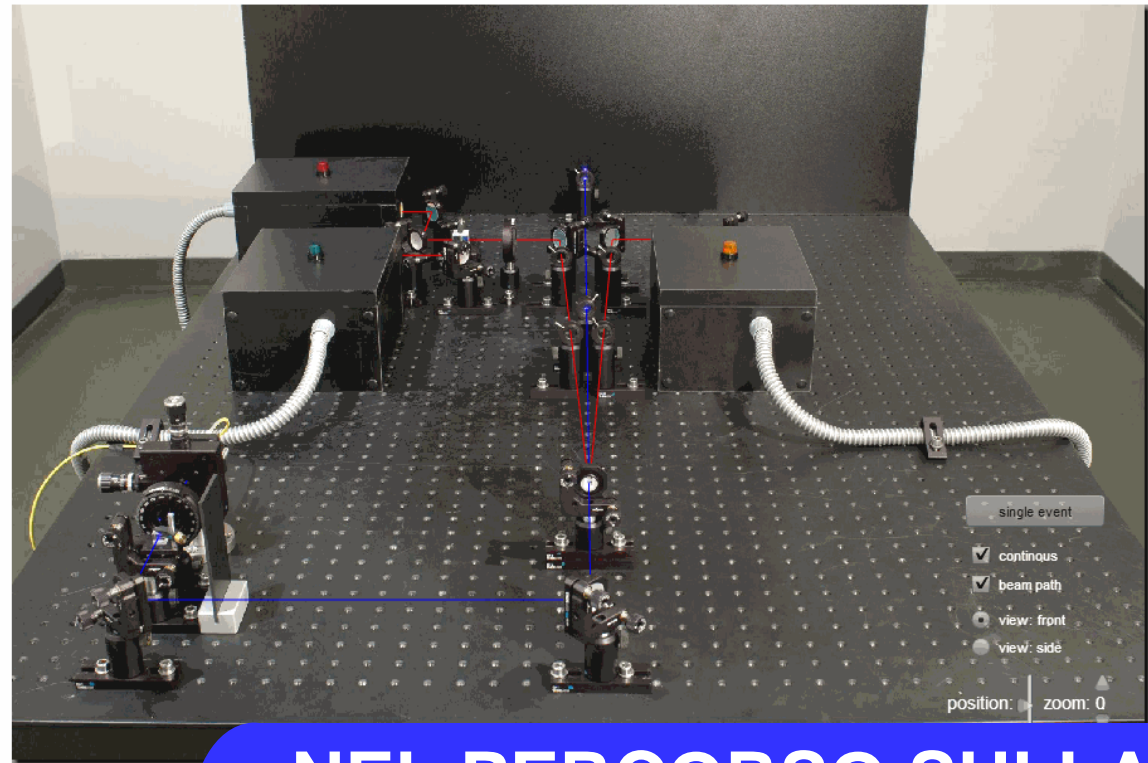
Multimedia in Physics Teaching and Learning

MACH ZENDBER



NEL PERCORSO SULLA FISICA QUANTISTICA

**ESPERIMENTI
IN REMOTO**

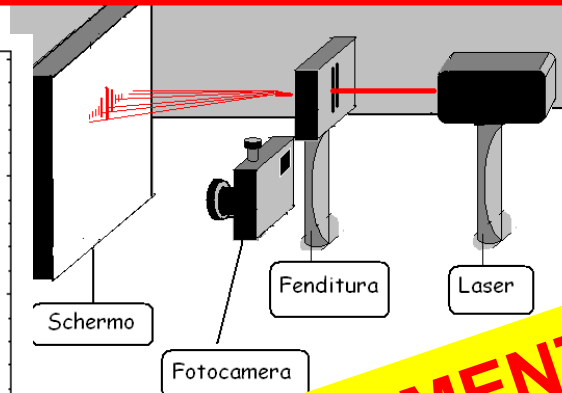
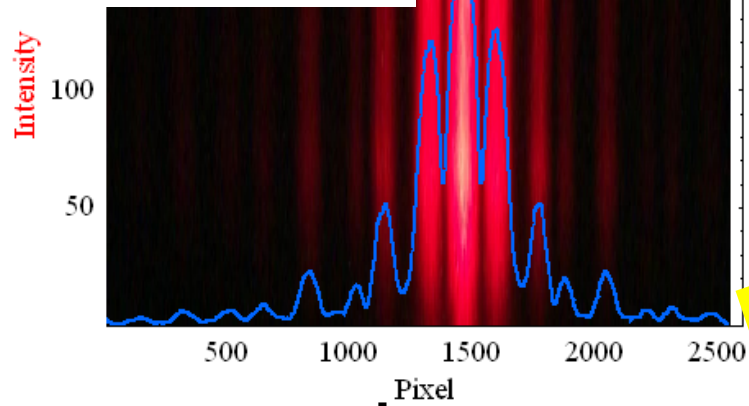


**NEL PERCORSO SULLA
FISICA QUANTISTICA**

Multimedia in Physics Teaching and Learning

....con l'obiettivo di arricchire la sequenza di attività sperimentali significative

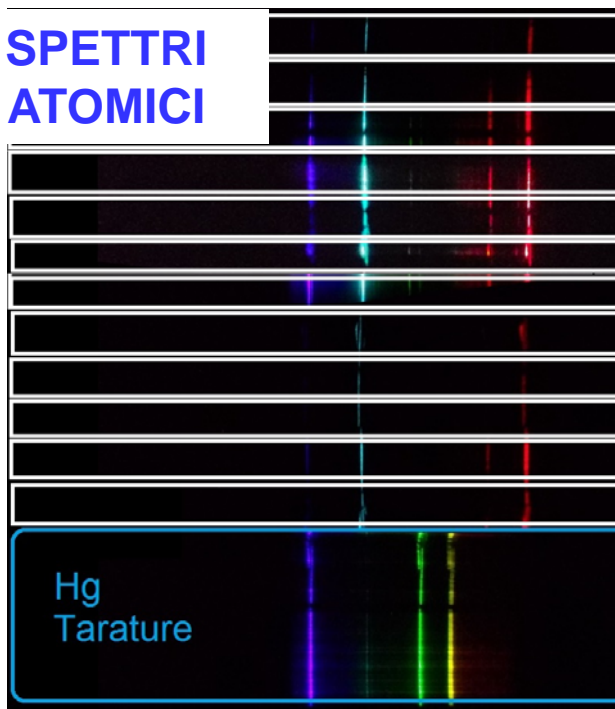
INTERFERENZA DA DOPPIA FENDITURA



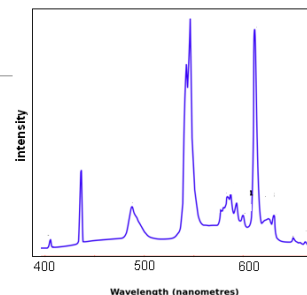
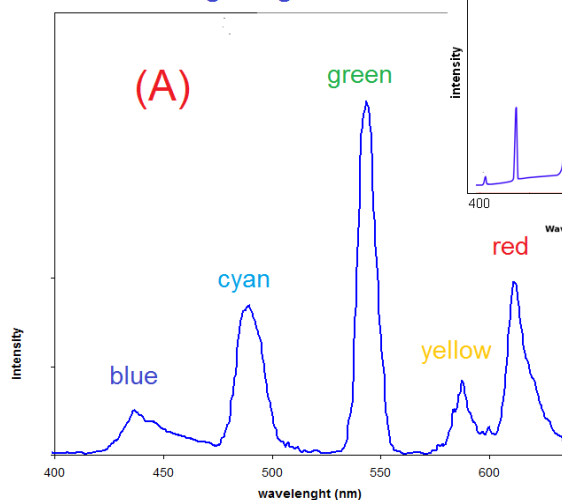
ESPERIMENTI CON TRACKER

ESPERIMENTI TRA OTTICA E FISICA QUANTISTICA

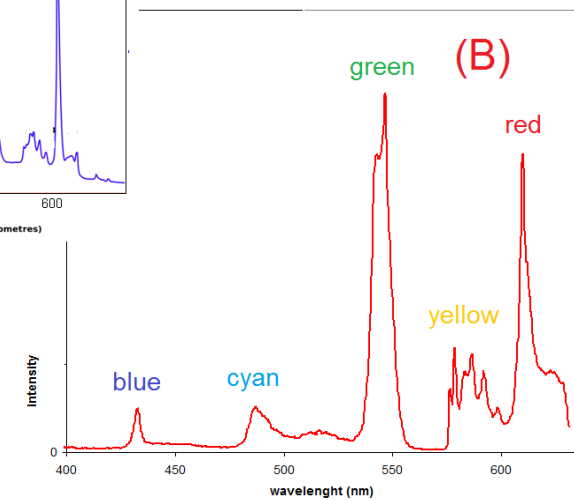
SPETTRI ATOMICI



transmission diffraction grating



CD reflection grating



L'ANALISI DELLE IMMAGINI PER LA MECCANICA

Se per l'analisi degli spettri possiamo accontentarci di analizzare un'immagine statica per i fenomeni meccanici (**e non solo**) dobbiamo analizzare i video

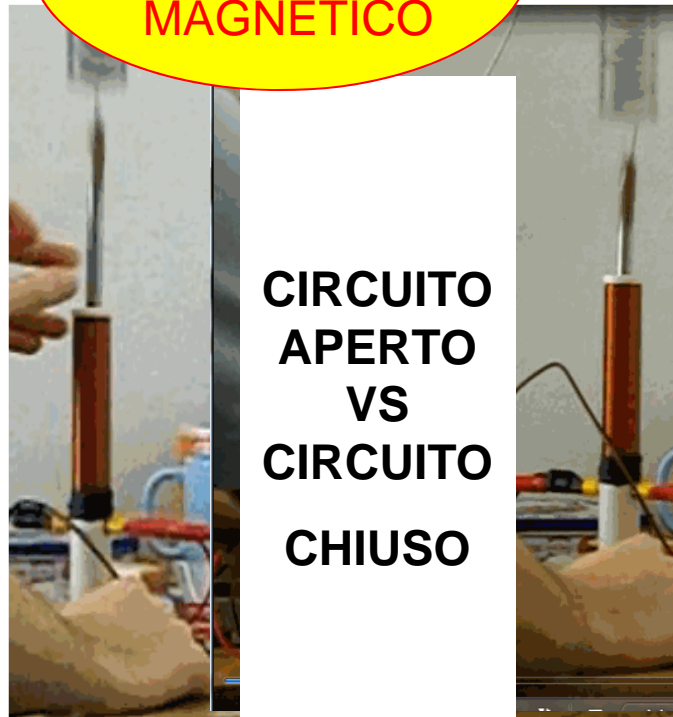
FORZA DI
INTERAZIONE TRA
MAGNETI



P.Onorato, P.Mascheretti, A.DeAmbrosio
*"Investigating the magnetic interaction with
GEOMAG and Tracker Video analysis: static
equilibrium and anharmonic dynamics"*

Eur. J. Phys. 32 363 (2011).

FORZA DI
FRENAMENTO
MAGNETICO



P.Onorato, and A.DeAmbrosio
*Magnetic damping: Integrating experimental
and theoretical analysis American Journal of
Physics* 80, 27 (2012)

URTI



Mentre per simulare i fenomeni meccanici possiamo utilizzare dei **software dedicati** come

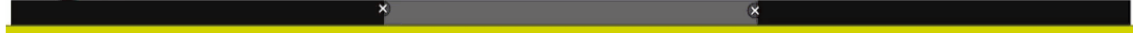


Multimedia in Physics Teaching and Learning :
SOFTWARE DI SIMULAZIONE

NO FRICTION

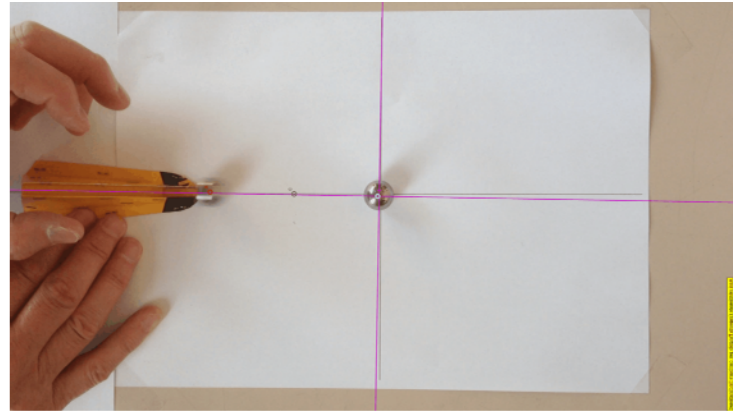
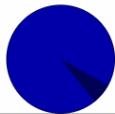
FRICTION

NO FRICTION



Friction

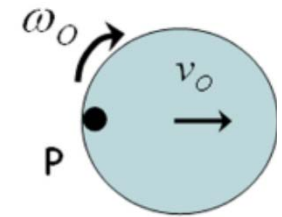
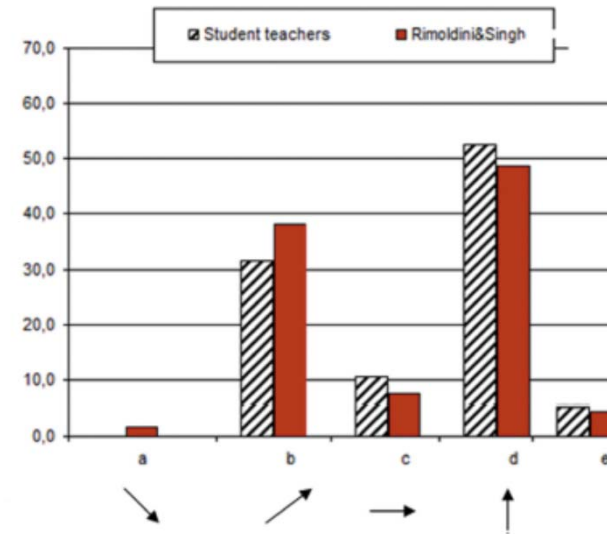
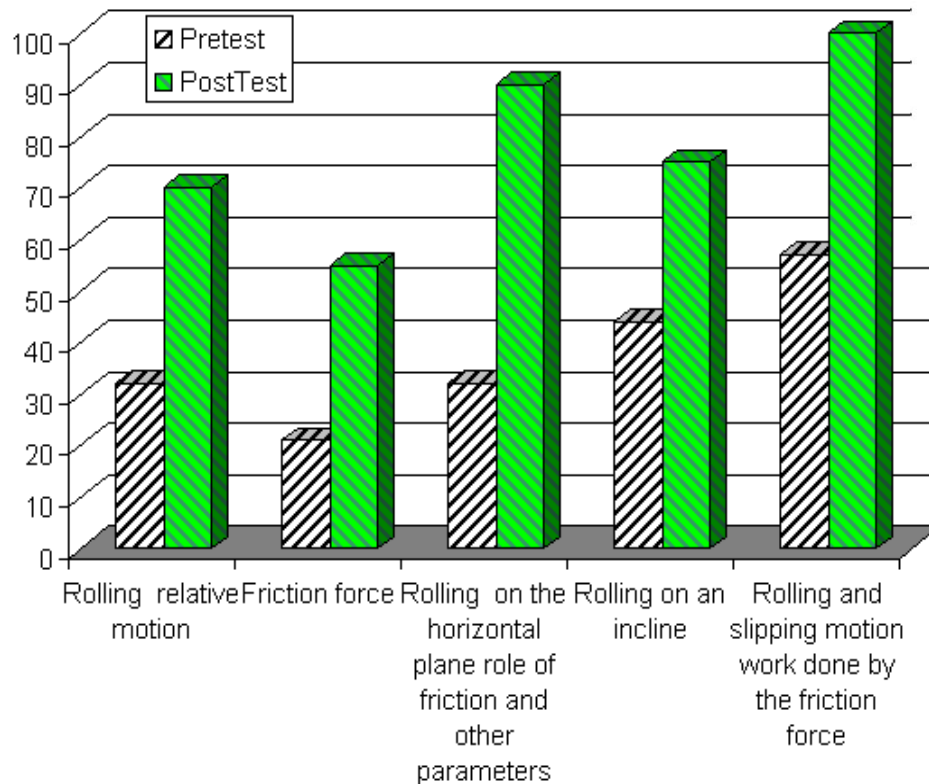
Friction



sequenza di attività volte a favorire la comprensione del **moto di rotolamento e il ruolo in esso giocato dalle forze di attrito** di strisciamento statico e dinamico

Investigating the role of sliding friction in rolling motion: a teaching sequence based on experiments and simulations_P_Onorato, M Malgieri, P Mascheretti, A De Ambrosis European Journal of Physics 36 035020 (2015).

Un esempio di analisi quantitativa dei risultati di un percorso di apprendimento

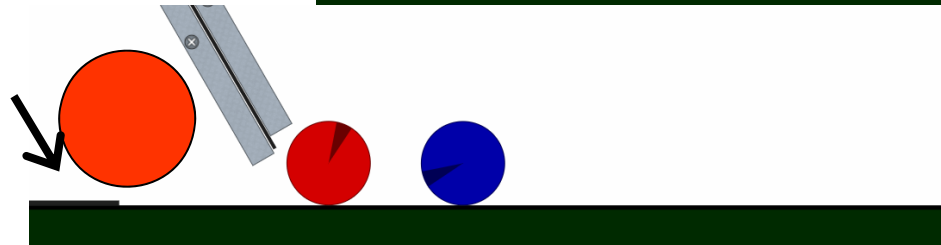
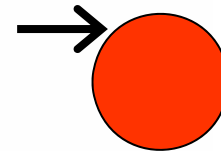


Confronto per post test,
Confronto con letteratura

Un esempio di analisi qualitativa dei risultati di un percorso di apprendimento



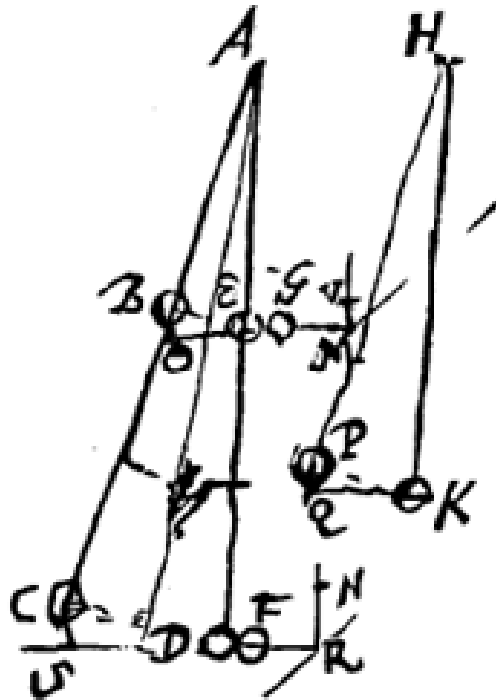
Alcuni dei nostri studenti sono appassionati del gioco del biliardo



Back scattering

“Così, dopo l'urto la velocità angolare è prevalente rispetto alla lineare e la palla tenderà a muoversi verso sinistra. Questo effetto può essere vissuto su un tavolo da biliardo ed è apparentemente paradossale, perché si vede una palla in movimento verso un'altra palla ferma, ... poi va indietro da sola. Questo effetto è spesso usato dai giocatori di biliardo. ”

.....Ma gli strumenti che utilizziamo possono essere utilizzati anche per analizzare in modo nuovo esperimenti che appartengono alla storia della fisica



1661

Huygens C 1673 *Horologium Oscillatorium*
Part IV (*Christiaan Huygens Oeuvres Complètes* vol XVIII) (The Hague: Societe
Hollandaise des Sciences) p 255 (Engl.
transl)

Huygens C 1661 *De Centro Oscillationis Sive ad
Inveniendā Perpendicularia Simplicia Isochrōna
Propositis Perpendicularis Compositis*
(*Christiaan Huygens Oeuvres Complètes*
vol XVI) (The Hague: Societe Hollandaise des
Sciences) pp 415–427

Multimedia in Physics Teaching and Learning TRA DIDATTICA E STORIA

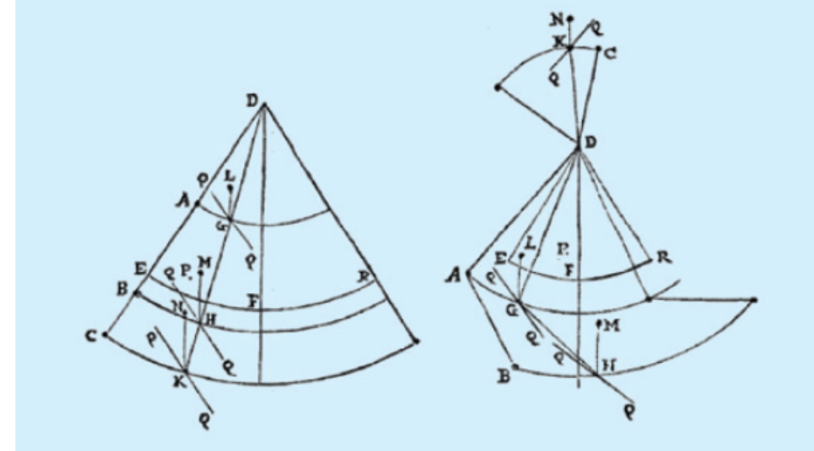
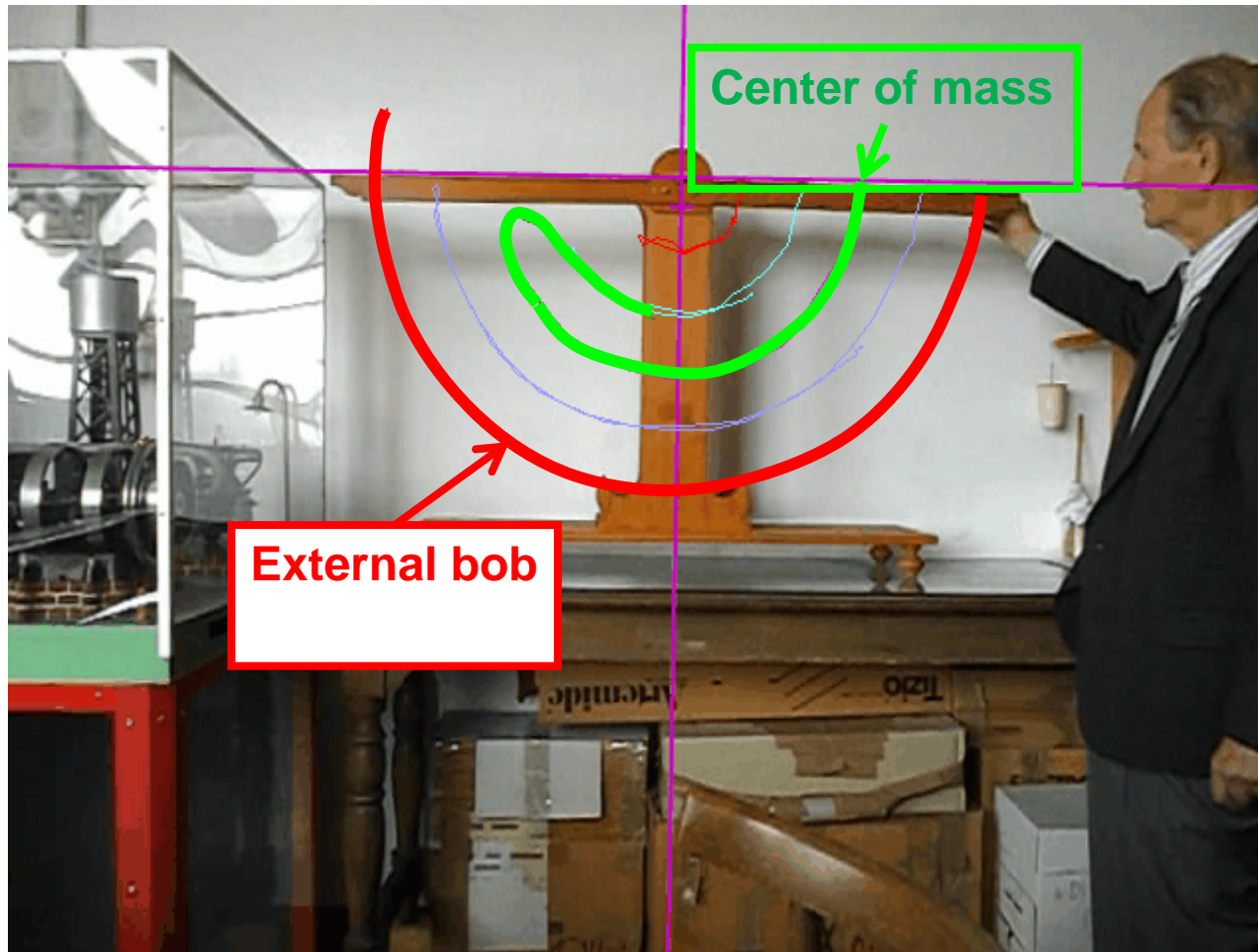


Figure 1. A representation of Huygens' pendulum. Huygens' description for this is: *If a pendulum is composed from a number of weights, and it is released from rest, then any part of the whole oscillation is carried out by the weights together; and thus again it is understood that the individual weights of the pendulum, without a common bond, convert the acquired speed by rising up for as long they are able to ascend [28].*

Pre-service teachers' approaches to a historical problem in mechanics in a VBL setting Malgieri M., Onorato P., Mascheretti P., De Ambrosio *Physics Education* 49 (5), 500 (2014)

Il pendolo composto di Huygens



Reconstruction of a “gedanken” Huygens’ experiment and measurements based on video analysis tools Malgieri M., Onorato P., Mascheretti P., De Ambrosio A., Eur. J. Phys., 34 1145–1157 (2013)

Pre-service teachers’ approaches to a historical problem in mechanics in a VBL setting Malgieri M., Onorato P., Mascheretti P., De Ambrosio P., Physics Education 49 (5), 500 (2014)