

LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE FISICHE

CURRICULUM DI DIDATTICA E STORIA DELLA FISICA

GRUPPO DI RICERCA IN DIDATTICA E STORIA DELLA FISICA

Giornata di orientamento
Pavia, 09 aprile 2019

CURRICULUM DI DIDATTICA DELLA FISICA E STORIA DELLA FISICA

36 CFU a scelta tra (al più un corso FIS/02):

Complementi di fisica di base ^T	FIS/08	A. De Ambrosis
Didattica della fisica	FIS/08	G. Introzzi/M. Malgieri
Fondamenti della fisica	FIS/08	G. Introzzi
Preparazione di esperienze didattiche ^T	FIS/08	L. Falomo/M. Malgieri
Storia della fisica ^T	FIS/08	L. Fregonese
Tecnologie della comunicazione scientifica	FIS/08	L. Falomo
Complementi di fisica teorica	FIS/02	B. Pasquini
Elettrodinamica e relatività ^T	FIS/02	M. Carfora
Meccanica statistica ^T	FIS/02	M. Guagnelli
Relatività generale	FIS/02	M. Carfora

^T = Corso già offerto nella Laurea Triennale

6 CFU da scegliere tra:

Laboratorio di fisica quantistica I

FIS/01

M. Galli

Laboratorio di strumentazioni fisiche

FIS/01

F. Marabelli

Ottica^T

FIS/01

6 CFU da scegliere tra:

Introduzione alla fisica dei solidi^T

FIS/03

M. Patrini/M. Mariani

Magnetismo e superconduttività

FIS/03

P. Carretta

Fisica dello stato solido I

FIS/03

L.C. Andreani

Teoria fisica dell'informazione

FIS/03

P. Perinotti

Fisica nucleare I

FIS/04

C. Giusti

Radioattività I

FIS/04

P. Salvini

^T = Corso già offerto nella Laurea Triennale

12 CFU a scelta tra:

Storia delle scienze

Comunicazione digitale multimediale

Didattica della matematica

Didattiche specifiche della matematica

Matematiche complementari

Storia della matematica

Equazioni differenziali e sistemi dinamici[†]

Introduzione all'astronomia[†]

Astrofisica

Astronomia

Astroparticelle

M-STO/05

ING-INF/05

MAT/04

MAT/04

MAT/04

MAT/04

MAT/05

FIS/05

FIS/05

FIS/05

FIS/05

L. Fregonese

L. Falomo

S. Antonini

M. Maracci/A. Maffia

M. Maracci

R. Rosso

G. Savaré

P. Caraveo

A. Giuliani

A. De Luca

P.W. Cattaneo

[†] = Corso già offerto nella Laurea Triennale

12 CFU a scelta libera

48 CFU Tesi di Laurea Magistrale

http://fisica.unipv.it/dida/Documenti/guida_studente_fisica_2018_2019.pdf

CURRICULUM DI DIDATTICA DELLA FISICA E STORIA DELLA FISICA

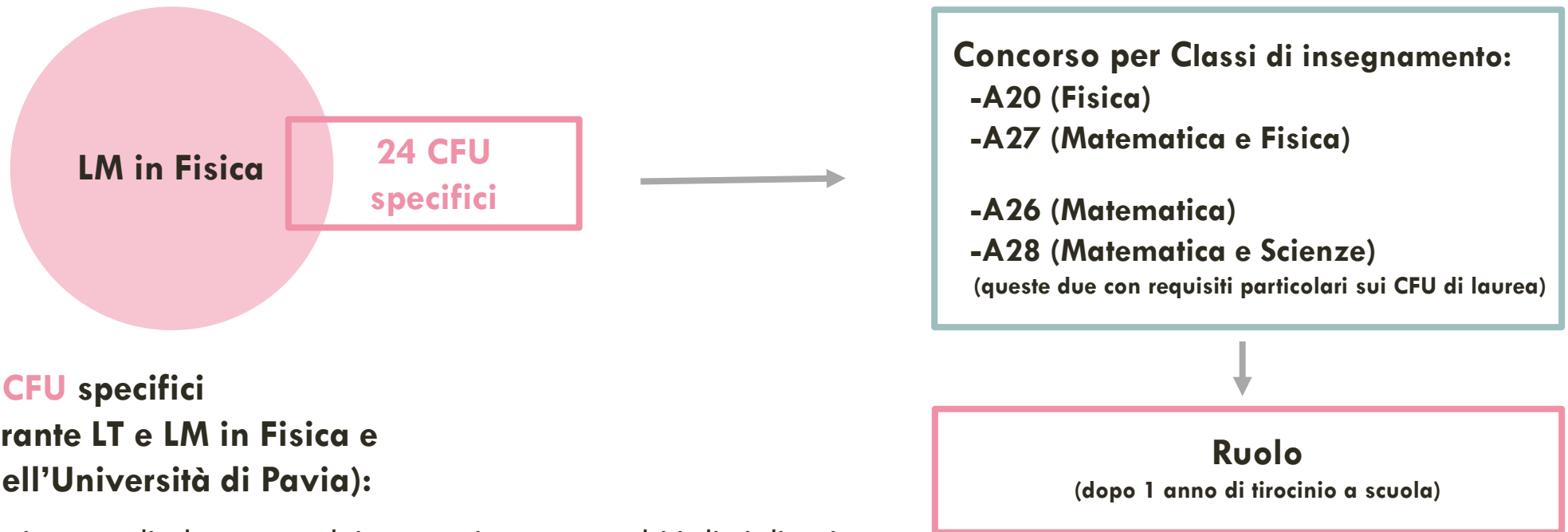
Obiettivi e sbocchi

**Formazione alla Ricerca in
Didattica e Storia della Fisica**

**Comunicazione scientifica, editoria,
musei e biblioteche scientifiche**

**Contributo ai 24CFU richiesti tra i titoli di accesso al
Concorso per l'insegnamento nella Scuola secondaria
(non attivato il più ampio percorso triennale FIT di
Formazione, Inserimento, Tirocinio)**

COME SI DIVENTA INSEGNANTI NELLA SCUOLA SECONDARIA



Vincoli sui 24 CFU specifici
(acquisibili durante LT e LM in Fisica e da altri corsi dell'Università di Pavia):

Almeno 6 CFU in ciascuno di almeno tre dei seguenti quattro ambiti disciplinari:

1. Pedagogia, pedagogia speciale e didattica dell'inclusione,
2. Psicologia,
3. Antropologia,
4. Metodologie e tecnologie didattiche

I **24 CFU** specifici si possono acquisire **DURANTE** la LM in FISICA (e in MATEMATICA), ad esempio



COME SI DIVENTA INSEGNANTI NELLA SCUOLA SECONDARIA



The screenshot shows the University of Pavia website. The header includes the university logo, the name 'UNIVERSITÀ DI PAVIA', and language options 'Italiano | English'. A search bar is present with the text 'Cerca nel sito'. Below the header is a navigation bar with links: 'ATENEO DIDATTICA RICERCA INTERNAZIONALIZZAZIONE CONTATTI SOSTIENI UNIPV'. The main content area features a large image of students in a classroom. On the left is a teal sidebar menu with the following items: 'DIDATTICA', 'AULE DIDATTICHE', 'CORSI DI STUDIO', 'CATALOGO INSEGNAMENTI', 'DIPARTIMENTI', 'FACOLTÀ', 'ORIENTAMENTO', 'POST-LAUREA', 'ESAMI DI STATO', 'MASTER', 'CORSI DI PERFEZIONAMENTO', 'FORMAZIONE DOCENTI', and 'SCUOLE DI SPECIALIZZAZIONE'. The 'POST-LAUREA' item is highlighted. The main content area has a breadcrumb trail: 'Ti trovi in: Home > Didattica > Post-laurea'. The main heading is 'Formazione iniziale, tirocinio e inserimento nella funzione docente - FIT'. Below this is a sub-heading: 'DOMANDA DI RICONOSCIMENTO DEI CREDITI PRECEDENTEMENTE ACQUISITI - APERTURA FINESTRA TEMPORALE'. A 'NEW' tag is followed by the text: 'La prossima finestra temporale per la presentazione delle richieste riconoscimento degli esami pregressi è prevista dal 15 al 30 aprile 2019'. Below this is a list of bullet points: 'AVVISO - PROCEDURA DI PRESENTAZIONE DELLA DOMANDA DI RICONOSCIMENTO DEI CREDITI PRECEDENTEMENTE ACQUISITI', 'MODULISTICA DA PRESENTARE AI FINI DELLA DOMANDA DI RICONOSCIMENTO DEI CREDITI PRECEDENTEMENTE ACQUISITI (verrà pubblicata in data 15 aprile 2019)', and 'ARFA RISERVATA (la procedura di iscrizione sarà attivata in data 15 aprile 2019)'. To the right of the main content is a yellow box titled 'ALLEGATI' containing a list of documents: 'DM 259 del 09-05-2017 - Allegato A - nuove classi di concorso', 'DM 259 del 09-05-2017 - Allegato B - scuola secondaria I grado', 'DM 259 del 09-05-2017 - Allegato C - istituti professionali', and 'DM 259 del 09-05-2017 - Allegato D - istituti tecnici'. A blue arrow points from the text 'Monitorare gli aggiornamenti' on the right towards the 'ALLEGATI' box. The footer of the page contains the text: 'LM SCIENZE FISICHE, CURRICULUM DI DIDATTICA E STORIA DELLA FISICA — DIPARTIMENTO DI FISICA, UNIVERSITÀ DI PAVIA — 09/04/2019'.

<http://www.unipv.eu/site/home/didattica/post-laurea/articolo13237.html>

COME SI DIVENTA INSEGNANTI NELLA SCUOLA SECONDARIA

Percorso Formativo per l'acquisizione dei 24 crediti nelle discipline antropo-psico-pedagogiche e nelle metodologie e tecnologie didattiche di cui al Decreto Legislativo 59/2017

ANNO ACCADEMICO 2017/2018

CORSI RICONOSCIBILI

DIPARTIMENTO/INSEGNAMENTO	Ambito	SSD	Codice	CFU	Semestre (per gli insegnamenti previsti per l'a.a. 17/18)		
DIPARTIMENTO DI FISICA							
Didattica della fisica	d) metodologie e tecnologie didattiche	FIS/08	500601	6	II	Dal 2011/2012	A-20, A-27, A-28
Preparazione di esperienze didattiche	d) metodologie e tecnologie didattiche	FIS/08	501261	6	I	Dal 2011/2012	A-20, A-27, A-28
Storia della fisica	d) metodologie e tecnologie didattiche	FIS/08	501264	6	I	Dal 2011/2012	A-20, A-27, A-28
Tecnologie della Comunicazione Scientifica	d) metodologie e tecnologie didattiche	FIS/08	500622	6	I	Dal 2011/2012	A-20, A-27, A-28
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA							
Didattica della matematica	d) metodologie e tecnologie didattiche	MAT/04	500663 504305	9	I	Dal 2011/2012	A-26; A-27; A-28; A-47
Didattiche specifiche della matematica	d) metodologie e tecnologie didattiche	MAT/04	500678	9	II	Dal 2011/2012	A-26; A-27; A-28; A-47

Monitorare gli aggiornamenti

<http://www.unipv.eu/site/home/didattica/post-laurea/articolo13237.html>

COME SI DIVENTA INSEGNANTI NELLA SCUOLA SECONDARIA

DIPARTIMENTO DI STUDI UMANISTICI							
Antropologia culturale	c) antropologia	M-DEA/01	500072	6	I	Dal 2011/2012	TUTTE
Complementi di pedagogia generale e sociale	a) pedagogia, pedagogia speciale e didattica dell'inclusione	M-PED/01	503617	2	Attività non erogabile	Dal 2011/2012	TUTTE
Filosofia dell'educazione	a) pedagogia, pedagogia speciale e didattica dell'inclusione	M-PED/01	507832	6	I	Dal 2011/2012	TUTTE
Glottodidattica	d) metodologie e tecnologie didattiche	L-LIN/02	501168	6	I	Dal 2011/2012	A-12, A-22, A-23, A-24, A-25, A70, A-71, A72, A-73, A-77, A78, A79, A-80, A-83, A-84, A-85
Italiano lingua seconda: acquisizione e didattica	d) metodologie e tecnologie didattiche	L-LIN/02	501163	6	II	Dal 2014/2015	A12, A22, A23, A24, A25, A70, A71, A72, A73, A77, A78, A79, A80, A83, A84, A85
Laboratorio teatrale in lingua tedesca	d) metodologie e tecnologie didattiche	L-LIN/14	505029	3	II	Dal 2011/2012	A-84
Pedagogia generale (A)	a) pedagogia, pedagogia speciale e didattica dell'inclusione	M-PED/01	500083	6	I	Dal 2011/2012	TUTTE
Pedagogia generale (B)	a) pedagogia, pedagogia speciale e didattica dell'inclusione	M-PED/01	500084	6	I	Dal 2011/2012	TUTTE

<http://www.unipv.eu/site/home/didattica/post-laurea/articolo13237.html>

LINEE DI RICERCA

- Storia della fisica, Musei, Educazione non formale: [Lucio Fregonese](#), [Lidia Falomo](#)
- Didattica della Fisica: [Anna De Ambrosis](#), [Lidia Falomo](#), [Massimiliano Malgieri](#)
- Fondamenti della Fisica: [Gianluca Introzzi](#)

PROGETTI NAZIONALI E INTERNAZIONALI:

Piano Lauree Scientifiche (PLS)

Horizons in Physics Education (HOPE)

Intrface (Erasmus+)

PARTECIPAZIONE A ORGANISMI INTERNAZIONALI:

GIREP (Groupe International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique)

ESERA (European Science Education Research Association)

COLLABORAZIONI:

Bologna, Trento, Udine, Palermo, Milano, Padova, Aarhus, Danish Industrial Museum, Museo di Volandia

RICERCA IN STORIA DELLA FISICA E APPLICAZIONI

Lucio Fregonese, Lidia Falomo

RICERCA IN STORIA DELLA FISICA: FINALITÀ GENERALI

La Storia della Fisica non come ricerca “erudita” ma come:

- **disciplina professionale** a sé,
- **fonte di chiarimento concettuale** ripercorrendo (selettivamente) lo sviluppo di **idee** ed **esperimenti** fondamentali che hanno formato la disciplina e che in parte rientrano nei programmi di studio scolastici,
- esame nel tempo delle **frontiere della fisica** per comprenderne meglio i contenuti, apprezzarne il valore culturale e la continua innovazione che la caratterizza.

RICERCA IN STORIA DELLA FISICA: APPLICAZIONI

La Storia della Fisica come:

- **complemento scientifico e culturale** significativo, non come nota curiosa relegata in brevi note a margine dei libri di testo,
- utilizzabile per una migliore **comprensione** dei contenuti della fisica e per uno stimolo al loro approfondimento,
- per una migliore **didattica** della fisica (a più livelli, dalla formazione degli insegnanti, ai corsi universitari, alle scuole di vari ordini),
- per una migliore **divulgazione** della fisica, evidenziandone il valore culturale e l'intrinseca vocazione all'innovazione, applicazioni in campo museale.

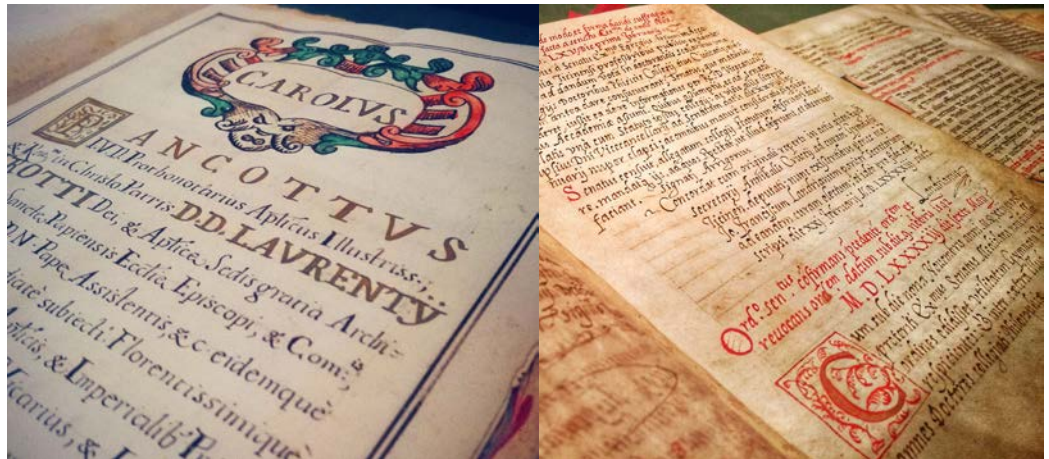
RICERCA IN STORIA DELLA FISICA: IL PATRIMONIO A PAVIA

- L'Università di Pavia è un ateneo di grande tradizione storico-scientifica.
- Fondata nel 1361 da Galeazzo II Visconti, fino al 1923 rimane l'ateneo centrale della Lombardia.
- Possiede per queste ragioni un **grande patrimonio di strumenti e libri storici**.

COLLEZIONI STORICHE

PER LA FISICA

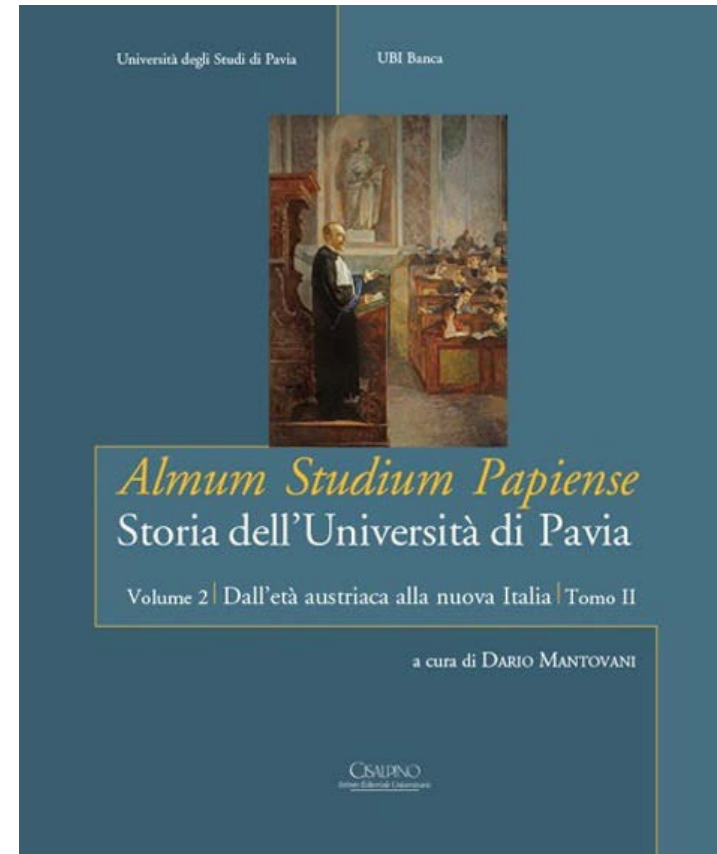
- 1) 18^o sec.: il Gabinetto di Fisica di **Alessandro Volta**,
- 2) 19^o sec.: il Gabinetto di Fisica dell'**Ottocento**,
- 3) 20^o sec.: le Collezioni di **Fisica Moderna**,
- 4) generale: i **Fondi Librari Storici** della Biblioteca delle Scienze e della Biblioteca Universitaria.



LE RICERCHE IN STORIA DELLA FISICA: ALCUNE LINEE

- **Galileo** (1564-1642) la sua fisica e il suo laboratorio .
- **Fisica del Settecento** (non solo Volta: fertilità della fisica italiana e collegamenti con il contesto internazionale).
- **Storia degli strumenti scientifici e delle unità di misura** (bilancia di torsione di Coulomb, elettrometria, telefonia: Bell, Meucci, i tubi a vuoto, il sistema metrico decimale ...).
- **Ricostruzione di esperimenti storici** (Galileo, l'elettromagnetismo, la velocità della luce, gli esperimenti di Foucault con specchi rotanti, la competizione tra il modello corpuscolare e il modello ondulatorio).
- **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** (realtà di atomi e molecole solo nel 20° secolo, fenomeni di fluttuazione che portano Einstein a formulare l'ipotesi del quanto di luce, il passaggio dal mondo classico al mondo quantistico).

STUDI SULLE SCIENZE FISICO-CHIMICO-MATEMATICHE NELL'ETÀ DI VOLTA E IN QUELLE SUCCESSIVE



STUDI SULLE SCIENZE FISICO-CHIMICO-MATEMATICHE NELL'ETÀ DI VOLTA E IN QUELLE SUCCESSIVE

LUCIO FREGONESE

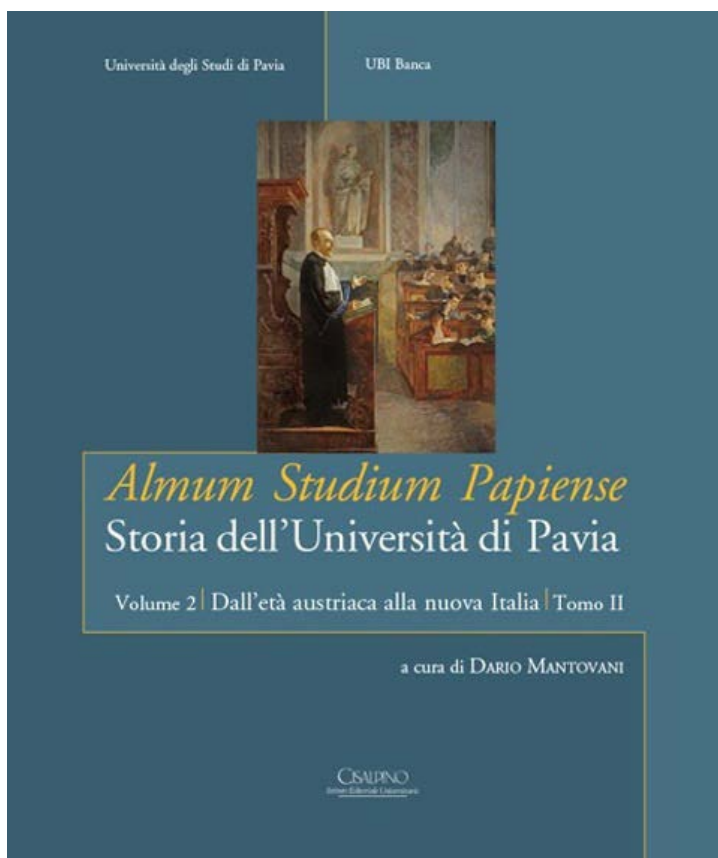


Tabella 1. Denominazioni degli insegnamenti di Fisica

ANNI	DENOMINAZIONI DEI CORSI FISICI
1814-1820	Fisica congiunta colle matematiche Fisica congiunta agli esperimenti
1820-1825	Fisica generale congiunta colle matematiche e sperimentale Fisica particolare congiunta colle matematiche e sperimentale
1825-1856	Fisica congiunta colle matematiche ed esperimentale
1857-1859	Fisica

Tabella 2. I libri di testo dal 1818 al 1853

ANNI	TESTI PRESCRITTI
1818-1825	Mozzoni, <i>Elementi di Fisica generale</i> Poli, <i>Elementi di Fisica sperimentale</i>
1825-1829	Mozzoni, <i>Elementi di Fisica generale</i> Poli, <i>Elementi di Fisica sperimentale</i> («Venezia 1817») e «propri scritti»
1829-1844	Mozzoni, <i>Elementi di Fisica generale</i> Baumgartner, <i>La Fisica congiunta colle matematiche</i> (1828) e «propri scritti»
1845-1853	Mozzoni, <i>Elementi di Fisica generale</i> («Milano 1842») Baumgartner, <i>La Fisica congiunta colle matematiche</i> (1828) e «propri scritti»

ALTRO ESEMPIO DI RICERCA, CON RICADUTE ANCHE SUI LUOGHI STORICI DI PAVIA



Fig. 6. – La lapide che rievoca il vivo ricordo che, più di mezzo secolo dopo, Albert Einstein rivolse dagli USA all'antico ponte coperto di Pavia visto negli anni della gioventù. La lapide è collocata all'interno dell'arcata centrale del nuovo ponte coperto che sorse al posto di quello originario, lesionato dai bombardamenti bellici.

può scrivere $\frac{c'}{c} = \frac{\lambda'}{\lambda} = \sqrt{\frac{A'}{A}}$, in cui λ esprime la lunghezza d'onda del segnale ondulatorio. Il giovane fisico suggerisce quindi che si compiano esperimenti in grado di misurare le variazioni della lunghezza d'onda λ di segnali elettromagnetici inviati in tutte le direzioni, perché si potrà in tal modo risalire alle variazioni di elasticità che sorgono nell'etere per la presenza del campo magnetico. Particolare importanza

GIORNALE DI FISICA
DOI 10.1393/gdf/i2018-10286-1

VOL. LIX, N. 1

Gennaio-Marzo 2018

SULLE ORME DEI FISICI

Il giovane Albert Einstein a Pavia The young Albert Einstein in Pavia

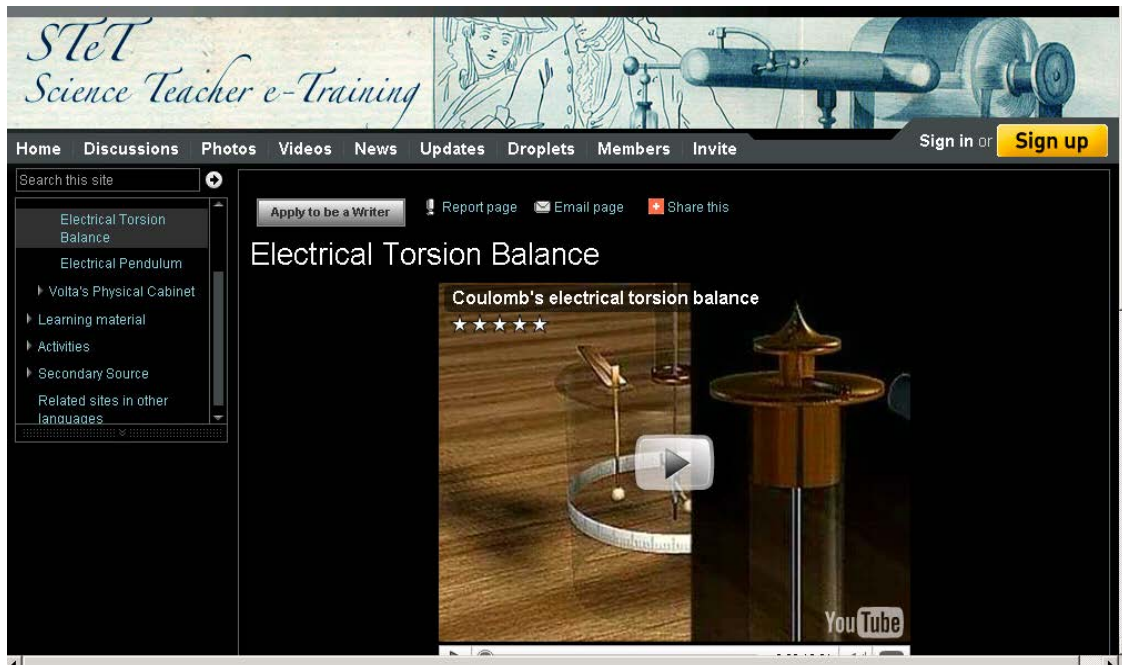
Lucio Fregonese (*)

Dipartimento di Fisica - Università di Pavia, Pavia, Italia

Riassunto. Questo lavoro esamina e contestualizza il soggiorno del giovane Albert Einstein a Pavia e nella vicina Casteggio tra il 1895 e il 1896, in occasione dell'attività industriale elettrotecnica che la sua famiglia cercò di avviare allora a Pavia. Seppur brevi e non continuativi, i momenti pavesi del giovane Einstein offrono spunti interessanti sul piano scientifico e umano e hanno una lontana propaggine nell'intensa rievocazione che, più di mezzo secolo dopo, lui stesso ne farà in tre lettere oggi conservate al Museo per la Storia dell'Università di Pavia. L'intera vicenda, in cui entra in gioco anche il saggio "Sull'indagine dello stato dell'etere nel campo magnetico", il primo scritto di fisica noto di Einstein, viene qui ripercorsa segnalando e valutando in parallelo anche gli studi in cui essa è stata già affrontata. Vengono inoltre indicati i documenti e i luoghi einsteiniani che oggi sopravvivono a Pavia, anche in vista di un loro possibile utilizzo nell'ambito del turismo culturale e scolastico.

<https://www.sif.it/riviste/sif/gdf/econtents/2018/059/01/article/7>

CASE-STUDIES DI APPROFONDIMENTO STORICO, ANIMAZIONI, APPLICAZIONI MUSEALI



STUDI VOLTIANI PROPOSTI NELLE NUOVE FORME DIDATTICHE MOOC

(MASSIVE OPEN ONLINE COURSE)

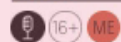


<https://iversity.org/en/courses/l-eredita-di-volta-dalla-pila-al-fotovoltaico>

STORIA DELLA LUCE ED ESPERIMENTO STORICO AL FESTIVAL DELLA SCIENZA DI GENOVA 2016

> Giovedì 3 novembre

ore 16:00



211 | **Io odio la matematica!**
Perché i bambini fanno fatica con i numeri
Incontro con Daniela Lucangeli

Perché tanti bambini hanno difficoltà con i numeri? Perché a scuola non si usa una didattica funzionale al dominio numerico? Proviamo a insegnare a qualcuno a nuotare, spiegandogli come fare solo con le parole: una procedura verbale messa in memoria può esercitare un dominio motorio? No. Pensiamo a come viene insegnata la moltiplicazione in colonna nei sussidiari: le procedure di calcolo sono spiegate attraverso strategie verbali. Ma la memoria verbale non è la funzione cognitiva per la comprensione del dominio numerico. Dimostriamo di saperne così poco, eppure l'intelligenza numerica è il processo più profondo e arcaico del cervello, un meccanismo che la nostra mente ha dovuto sviluppare perché legato alla sopravvivenza. È importante che le funzioni implicate nello sviluppo dell'intelligenza numerica siano esposte a stimoli pertinenti e costanti fin dai primi anni di vita. Occorre, dunque, comprendere le dinamiche da rivedere nel rapporto tra apprendimento e didattica.

Biblioteca Berio, Sala dei Chierici
prenotazione consigliata

ore 16:30



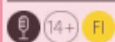
212 | **I segni della luce**
L'esperimento cruciale di Foucault
Conferenza/Spettacolo con Lucio Fregonese,
Matteo Galli

Un salto indietro nel tempo per ripercorrere i passi compiuti da Léon Foucault, replicando dal vivo l'esperimento realizzato nel 1850 con lo scopo di decidere tra la natura ondulatoria o corpuscolare della luce, in base alla differente velocità di propagazione. Foucault riuscì a valutare la velocità della luce su distanze dell'ordine di quelle disponibili tra le mura di un laboratorio, confrontando le velocità di propagazione in aria e in un altro mezzo più rifrangente: l'acqua. Le misurazioni indicarono che la propagazione era più lenta nell'acqua. Ciò decise, allora, "crucialmente" a favore della concezione ondulatoria della luce. L'impiego non convenzionale di comuni tecnologie ottiche, elettroniche e informatiche consentirà al pubblico di rivivere l'avventura scientifica.

Acquario di Genova
prenotazione consigliata

A cura di Università degli studi di Pavia
In collaborazione con SISFA - Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia.
Con il patrocinio dell'Associazione culturale Hypatiae Arte Scienza

ore 17:00



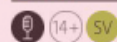
213 | **Dal pentagramma agli hertz**
I segni della musica
in una magica atmosfera
Conferenza/Spettacolo con Oriana Cartaregia,
Alessandro Iscra, Claudio Isoardi

Note e numeri si incontrano in un percorso scientifico e artistico sulla natura del suono. Funzioni matematiche che descrivono la scienza della musica e linguaggio degli artisti, intenti a leggere e trascrivere il suono attraverso le note e il pentagramma, suggellano il legame tra arte e lingua dei numeri. A completare lo spettacolo, una magica atmosfera animata dai 40 artisti del coro della scuola musicale "Giuseppe Conte".

Biblioteca Universitaria di Genova
prenotazione consigliata

A cura di Biblioteca Universitaria di Genova,
Soprintendenza Belle Arti e Paesaggio della Liguria. In collaborazione con Scuola Musicale "Giuseppe Conte"

ore 17:00



214 | **La Natura e i suoi segni**
Piante, animali
e geomorfologia in Liguria
Incontro con Giuseppina Barberis, Ivano Rellini,
Sebastiano Salvidio, modera Giuliano Doria

La Liguria è una delle regioni italiane con il più alto livello di biodiversità. L'attuale eterogeneità del paesaggio naturale ligure è determinata da vari fattori, che hanno interagito e continuano a interagire tra loro: la storia geologica, la posizione geografica, il clima e le azioni dell'uomo si sono integrati per millenni e hanno dato luogo a paesaggi variegati, che vanno dalle zone alpine alle coste rocciose a picco sul mare. Questi fattori, tuttavia, hanno influito sul popolamento animale e vegetale della zona, dando vita ad alcune emergenze naturali che non è possibile ignorare.

Museo di Storia Naturale Giacomo Doria
prenotazione consigliata

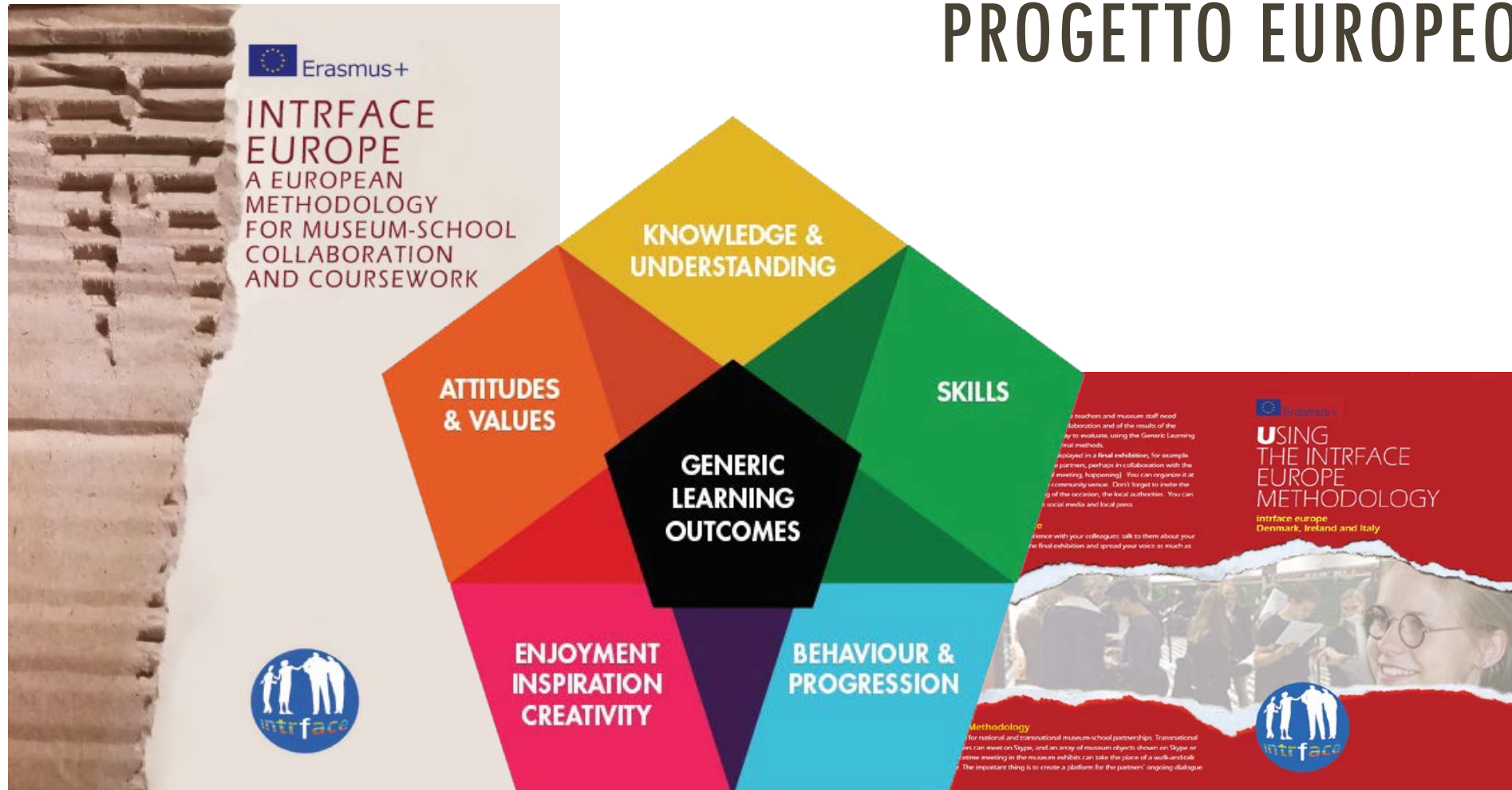
A cura di Associazione Amici del Museo di Storia Naturale



MUSEI: EDUCAZIONE NON FORMALE E INFORMALE

Lidia Falomo

PROGETTO EUROPEO



PROGETTI CON LE SCUOLE

CO-CREATIVI (CON LE SCUOLE PER LE SCUOLE)

superamento della distinzione tra ambiti formali e non formali: attività integrate con i programmi scolastici

laboratori storico-scientifici e attività diverse per fascia d'età ma inseriti in un progetto unico



ATTIVITÀ DIVERSIFICATE IN BASE A ETÀ ED INTERESSI

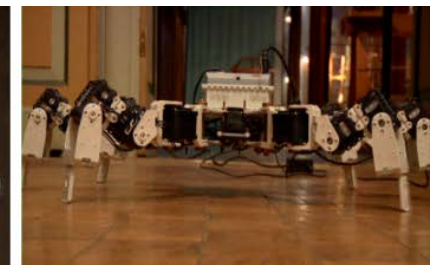
BAMBINI E RAGAZZI DAI 3 AI 14 ANNI

- Dai laboratori scientifici a:
- laboratori artistici,
- laboratori multimediali (storytelling,
- gamification)

STUDENTI DAI 14 AI 19 ANNI

Dai laboratori scientifici a Laboratori multimediali, produzione di hands on, explainer

Studio e **recupero di collezioni scolastiche** e
riproduzione di **esperimenti storici**



PROGETTO: IL TEMPO E LA SCIENZA

Incontri e aggiornamento degli insegnanti e scelta condivisa dei percorsi.

Un esempio: la misura del tempo in scuole di diverso ordine e grado



SCUOLA DELL'INFANZIA

- dal tempo lineare (orologio ad acqua) al tempo circolare.



SCUOLA PRIMARIA

- percorso storico
- costruzione di un orologio a pendolo
- realizzazione di uno stop motion



PROGETTO: IL TEMPO E LA SCIENZA

SCUOLA SECONDARIA: un percorso nel tempo

- allevamento dei bachi da seta
- tintura della seta con pigmenti naturali (ricavati nel laboratorio di chimica)
- proteine della seta (in collegamento con il laboratorio della Tufts University diretto da Fiorenzo Omenetto)
- realizzazione di exhibit interattivi

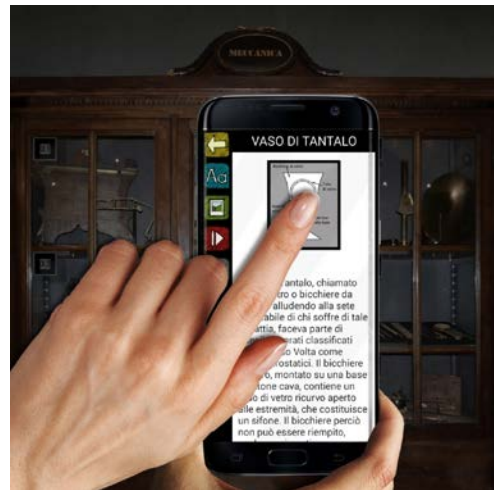


MOSTRA FINALE



MUSEI - PERCORSI DI VISITA

MULTISENSORIALITÀ • REALTÀ AUMENTATA



FONDAMENTI DELLA FISICA

Gianluca Introzzi

FONDAMENTI DELLA FISICA: ALCUNE LINEE

- Relazioni d'indeterminazione
- Interpretazioni della meccanica quantistica
- “Metafisica sperimentale”
- Dualismo onda/particella
- Ontologia quantistica

RELAZIONI DI INDETERMINAZIONE

- L'**indeterminismo** quantistico è **ontologico**, non **epistemico** (meccanica statistica classica)
- **Non** si tratta di un **principio d'indeterminazione** (relazioni ricavabili dalla **dispersione delle onde** classiche di Fourier + **dualismo onda/particella**)
- Si hanno **due sorgenti d'indeterminazione**:
 - **intrinseca** (dipende dal formalismo della MQ)
 - **operazionale** (correlazione misura/disturbo)
- **Indeterminazione energia/tempo** non ancora ben compresa (**cos'è il tempo? Relatività?**)

RELAZIONI DI INDETERMINAZIONE

- Heisenberg (1927)

$$\epsilon_A \eta_B \geq \frac{1}{2} |\langle [\hat{A}, \hat{B}] \rangle|$$

- Robertson (1929)

$$\sigma_A \sigma_B \geq \frac{1}{2} |\langle [\hat{A}, \hat{B}] \rangle|$$

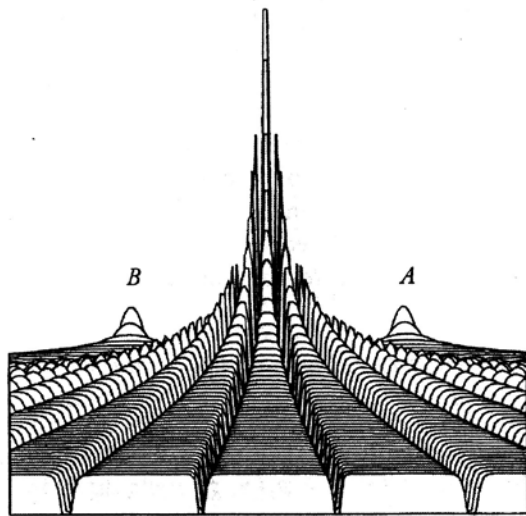
- Ozawa (2003)

$$\epsilon_A \eta_B + \epsilon_A \sigma_B + \sigma_A \eta_B \geq \frac{1}{2} |\langle [\hat{A}, \hat{B}] \rangle|$$

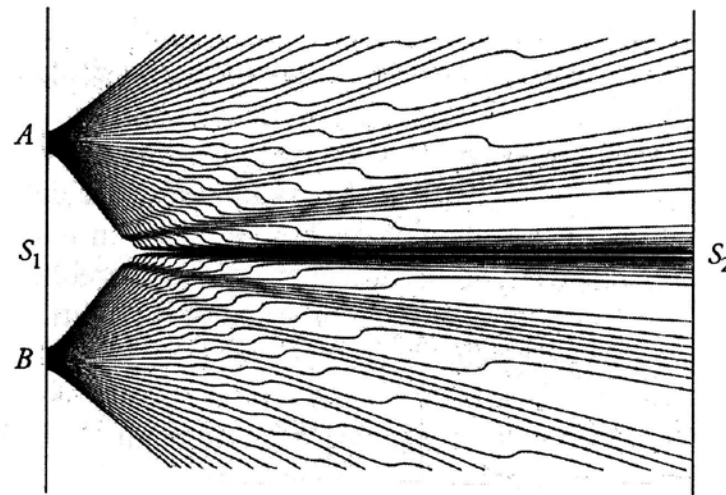
- Fujikawa (2012)

$$\bar{\epsilon}_A \bar{\eta}_B \geq |\langle [\hat{A}, \hat{B}] \rangle|$$

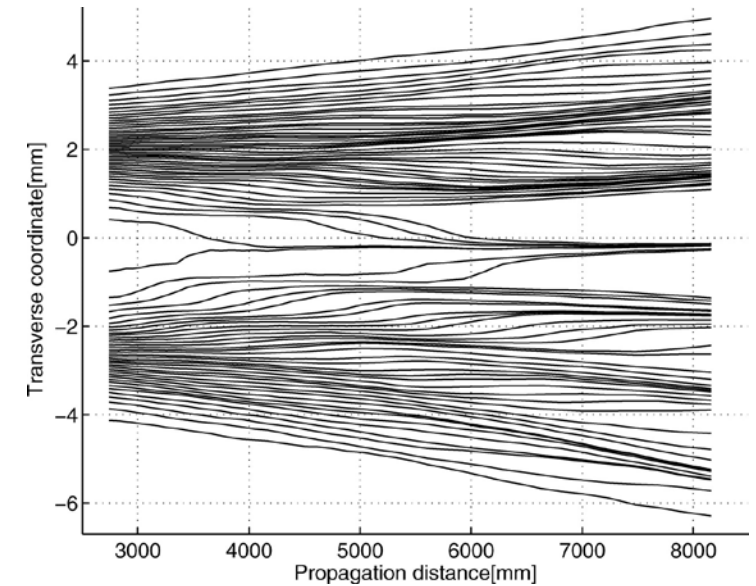
INTERPRETAZIONI DELLA MECCANICA QUANTISTICA



Potenziale quantico di Bohm



Traiettorie possibili secondo Bohm



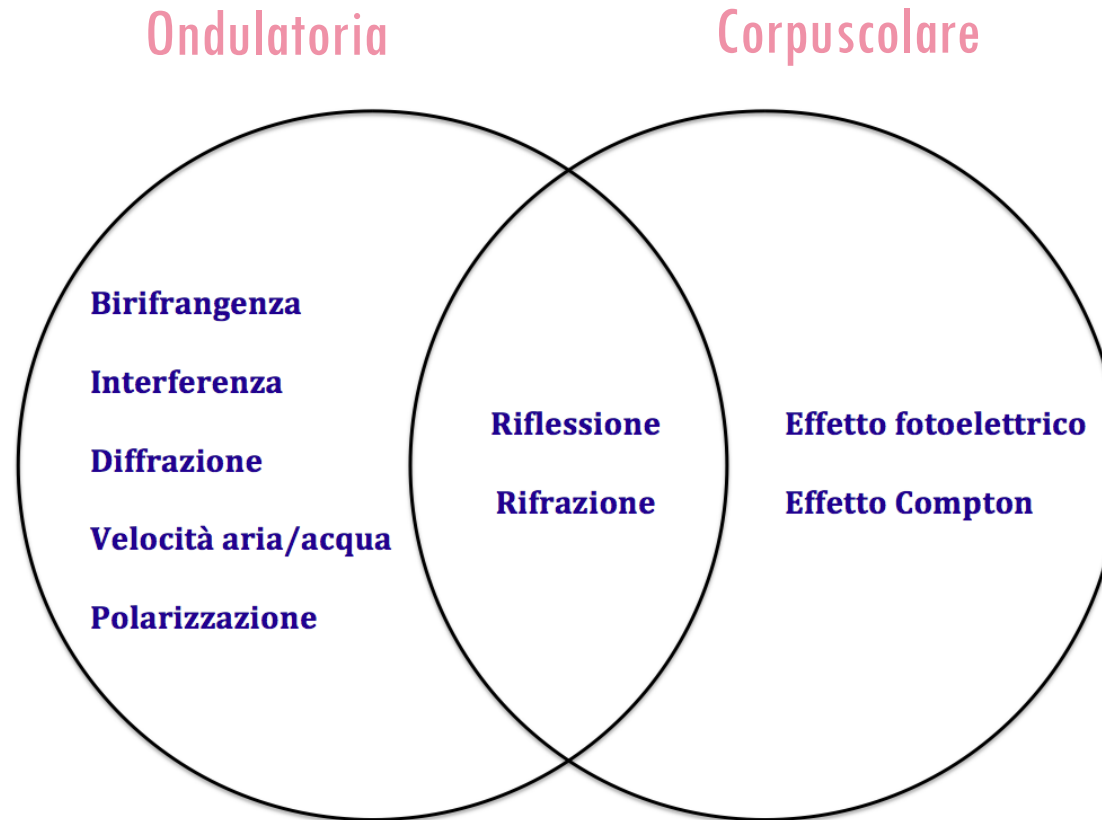
Misura “debole” su fotoni singoli
A.M. Steinberg et al. - Science (2011)

MECCANICA QUANTISTICA: UNA NUOVA ONTOLOGIA

- “I numerosi risultati sperimentali che hanno sondato e confermato la validità della meccanica quantistica possono di fatto essere considerati come contributi ad una **metafisica sperimentale**.”

Abner Shimony – “Search for a naturalistic world view” – vol. 2.

L'AMBIGUA NATURA DELLA LUCE



DILEMMA ONDA/PARTICELLA

- onda **e** particella: **onda pilota**

Einstein (1909) – de Broglie (1923) - Bohm (1952))

- onda **o** particella: **complementarità**

Bohr (1927)

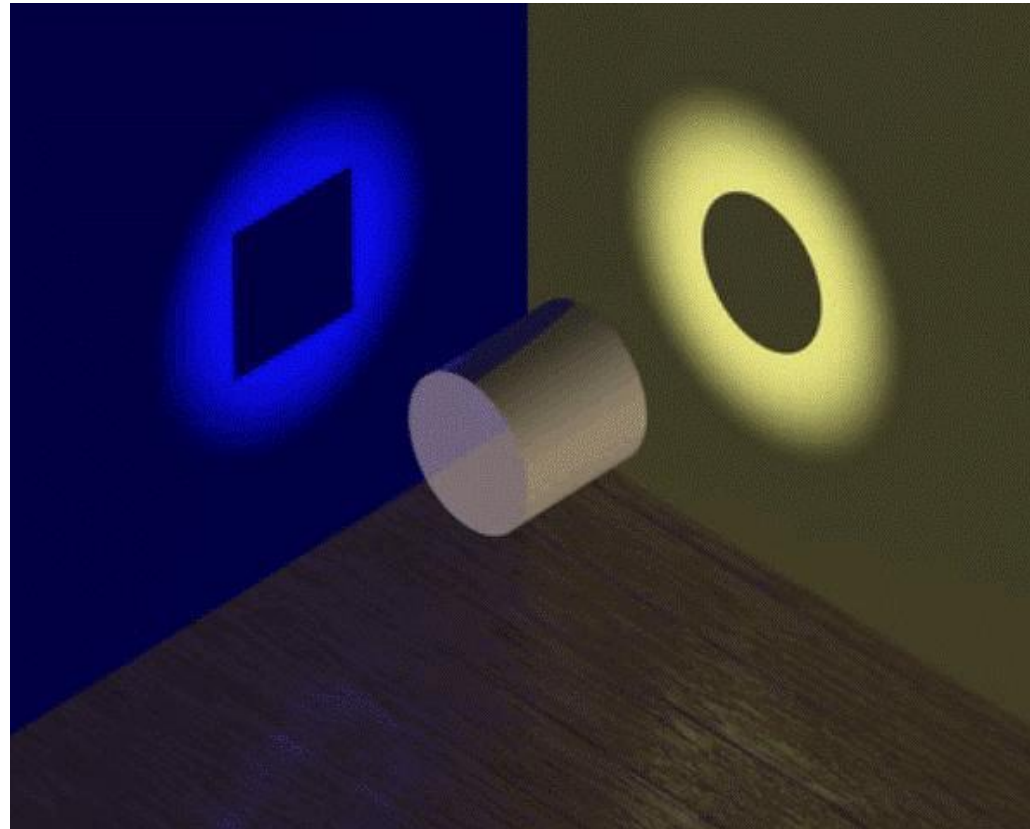
- **né** onda **né** particella: **“quantoni”**

Feynman (1965) – Bunge (1967) - Greenberger-Yasin (1988) – Englert (1996)

- **né** onda **né** particella: **bosoni o fermioni:**

Lévy-Leblond (1990)

COME IMMAGINARE UN “QUANTONE”



IL DUALISMO ONDA/PARTICELLA: ANALISI STORICA E RECENTI INTERPRETAZIONI

Atti della Accademia Roveretana degli Agiati anno 2010,
serie VIII, volume X B, pp. 5-18.

RICERCA IN DIDATTICA DELLA FISICA

Massimiliano Malgieri, Anna De Ambrosis

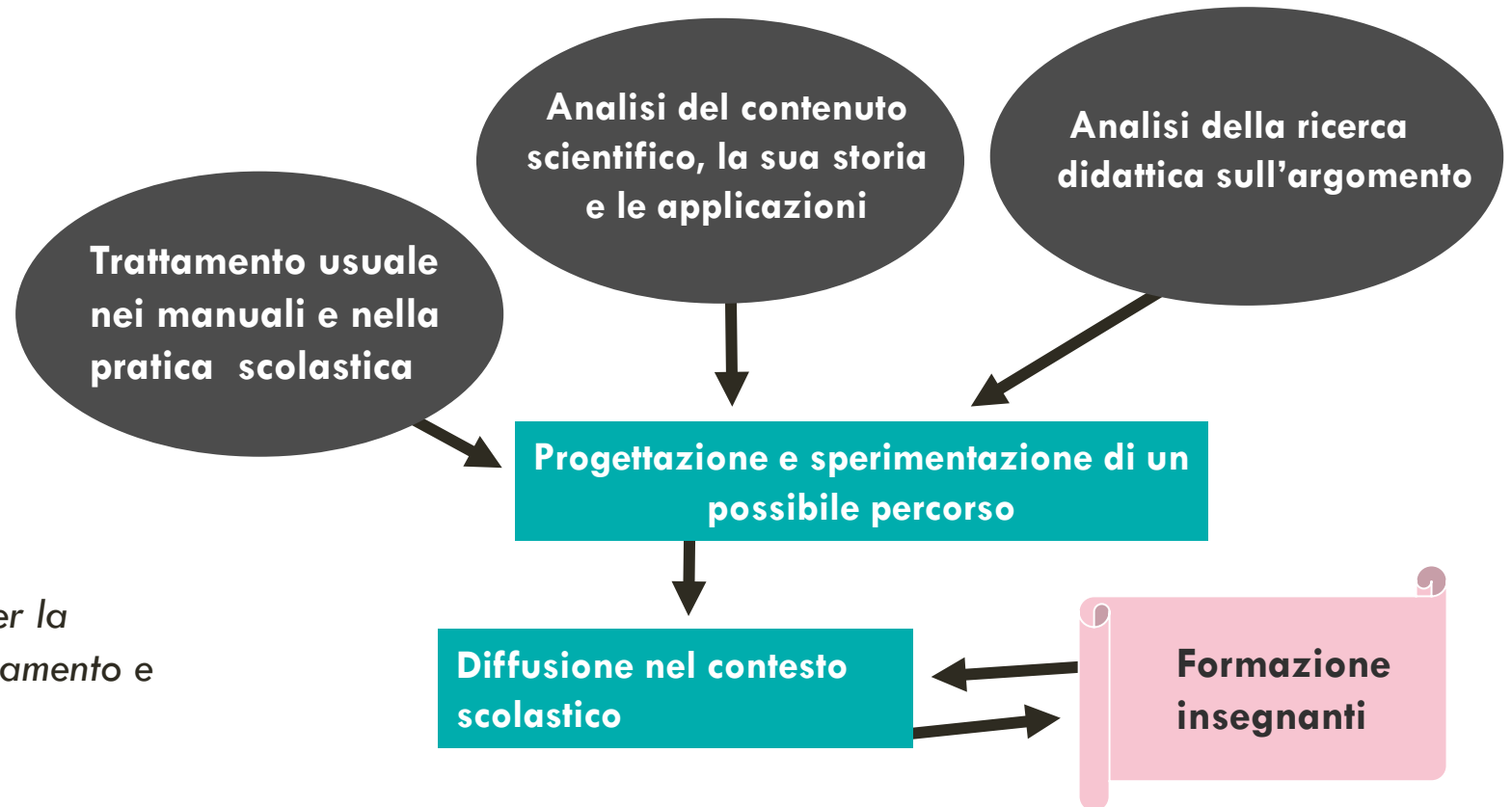
RICERCA IN DIDATTICA DELLA FISICA:

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.

Ha tra i suoi concetti fondanti quello di **ricostruzione didattica**: l'insegnamento di una disciplina a livello scolastico o comunque elementare non può essere il calco semplificato della disciplina conosciuta a livello accademico. La ricostruzione didattica deve tener presente non solo la correttezza dei contenuti, ma l'interazione di tali contenuti con le **conoscenze preesistenti** degli studenti (teorie ingenuue, teorie-framework, misconcezioni, p-prims...).

RICERCA IN DIDATTICA DELLA FISICA: PROGETTAZIONE DI TEACHING-LEARNING SEQUENCES



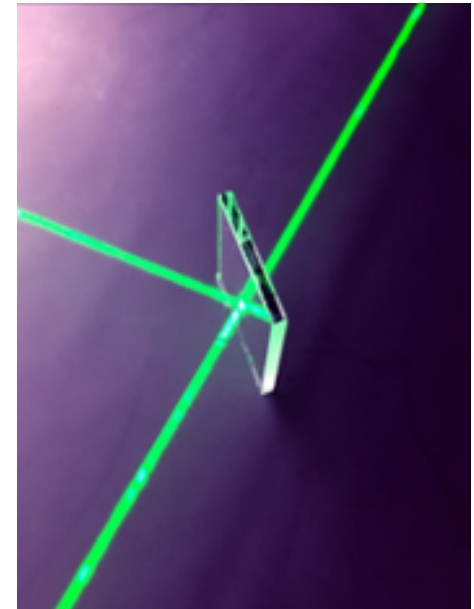
Un approccio «tridimensionale» per la progettazione di percorsi d'insegnamento e apprendimento (TLS).

RICERCA IN DIDATTICA DELLA FISICA: ALCUNE DIREZIONI RECENTI

- Didattica della **fisica quantistica** con l'approccio dei cammini di Feynman
- Didattica della **termodinamica**: modelli giocattolo per l'equilibrio termico
- Progettazione di **esperimenti** a basso costo, anche con l'utilizzo di smartphone
(bring-your own device)
- **Progetti** nazionali (PLS — Piano Lauree Scientifiche) e internazionali (HOPE — Horizons of Physics Education, ora concluso).

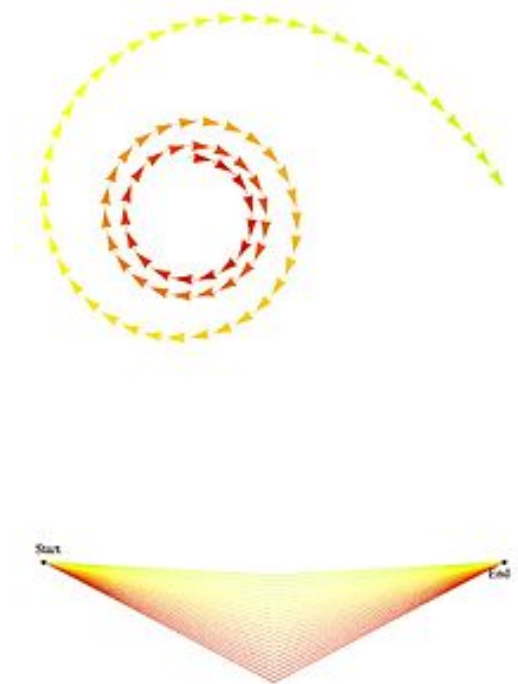
L'APPROCCIO DI FEYNMAN DELLA SOMMA SU MOLTI CAMMINI

- Permette di **identificare il nucleo concettuale centrale** della fisica quantistica nella regola per calcolare le probabilità per eventi che possono avvenire attraverso più processi alternative indistinguibili.
- Permette di **risolvere molti problemi differenti** con lo stesso approccio anzichè avere formule diverse per diversi fenomeni.
- Non necessita di matematica avanzata.
- Costituisce il linguaggio ideale per descrivere **alcuni moderni esperimenti di ottica quantistica**.



L'APPROCCIO DI FEYNMAN DELLA SOMMA SU MOLTI CAMMINI

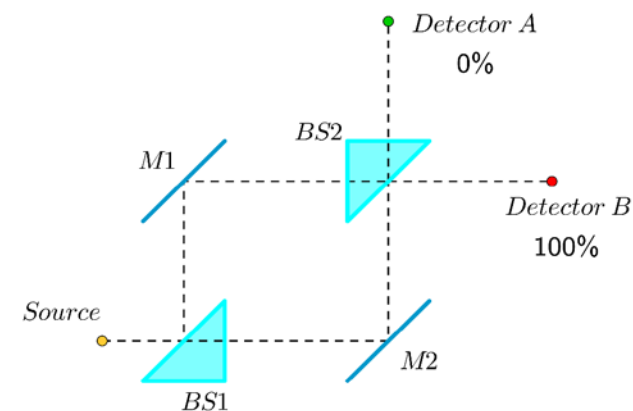
- Può contribuire a **superare alcune delle difficoltà** che sorgono nell'insegnamento della fisica quantistica a livello di scuola secondaria.
- Può aiutare gli studenti a costruire **modelli mentali più coerenti e integrati** della disciplina. In particolare consente di collegare e mettere in relazione i diversi **modelli della luce** che vengono insegnato nella scuola secondaria (teoria quantistica, teoria ondulatoria, ottica geometrica).
- Può portare, anche al livello di scuola secondaria, ad esempi di vero e proprio **cambiamento concettuale**.



L'APPROCCIO DI FEYNMAN: SPERIMENTAZIONI

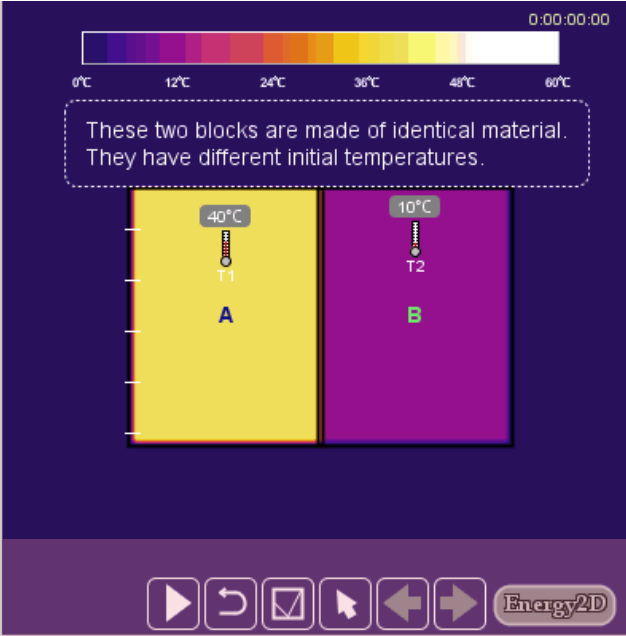
La ricostruzione didattica basata sull'approccio di Feynman può essere usata per sequenze di insegnamento-apprendimento (TLS) a diversi livelli di istruzione. Abbiamo ad oggi completato sperimentazioni didattiche:

- Al **quarto anno del liceo scientifico**, limitatamente al modello di Feynman del fotone e la sua relazione con le teorie classiche della luce.
- Al **quinto anno del liceo scientifico**, sull'intero programma previsto dalle Indicazioni Nazionali.
- Con **insegnanti in formazione e in servizio**, nell'ambito del progetto PLS.



DAL MODELLO GIOCATTOLO ALLE LEGGI FISICHE

Un approccio educativo a **fenomeni fisici diversi**, che possono essere spiegati tramite modelli stocastici ed esplorati dagli studenti attraverso giochi con dadi e monete.



0:00:00:00

0°C 12°C 24°C 36°C 48°C 60°C

These two blocks are made of identical material. They have different initial temperatures.

40°C T1 A

10°C T2 B

▶ ↺ ☑ ⏪ ⏩ Energy2D

Equilibrio termico e definizione di entropia



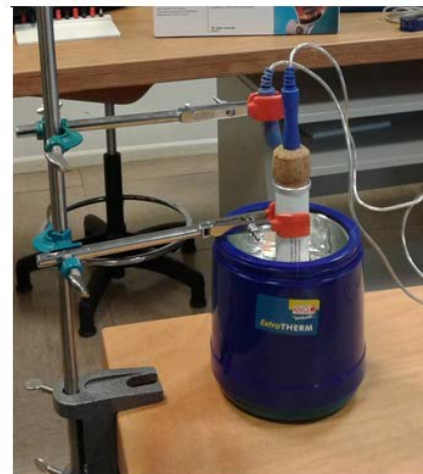
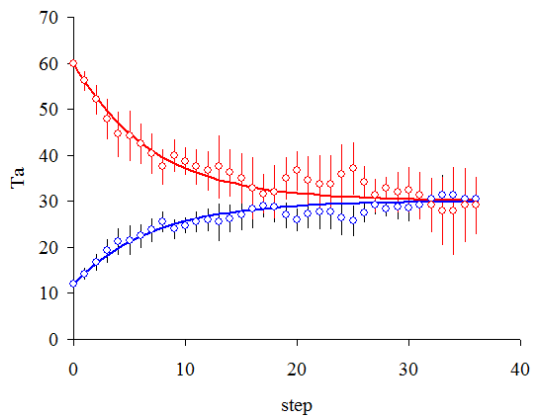
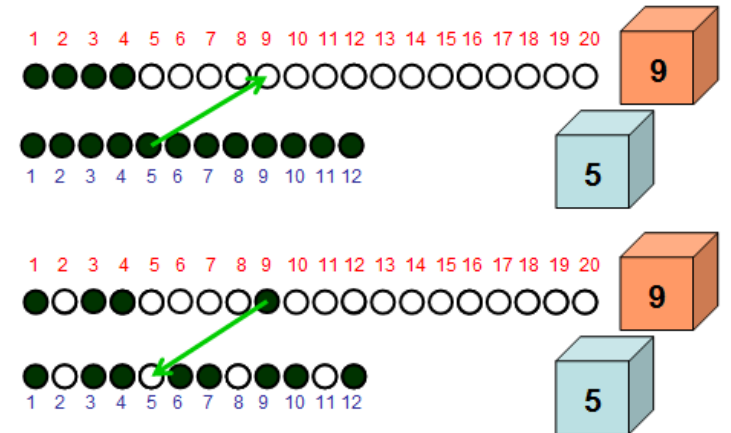
Decadimento ed equilibrio radioattivo



Fluorescenza

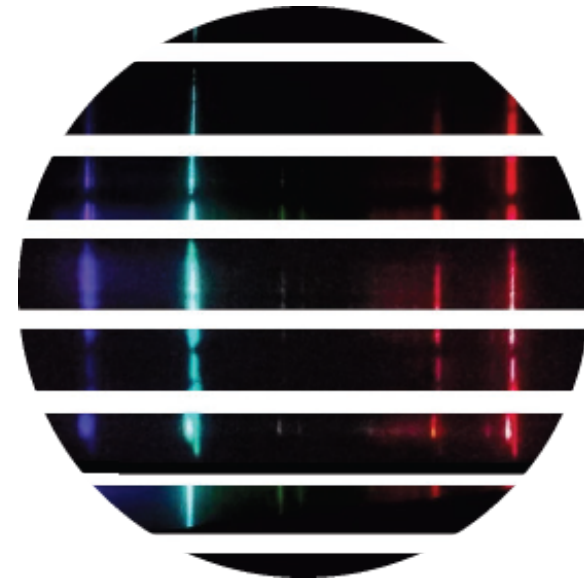
ESEMPIO: COMPRENDERE L'EQUILIBRIO TERMICO

- Sequenze di insegnamento-apprendimento nelle quali gli studenti confrontano i risultati di un **esperimento reale** con quelle di un **modello giocattolo** realizzabile con **dadi e monete**, effettuando poi simulazioni numeriche per estenderle ad un numero maggiore di elementi
- L'analisi probabilistica del modello giocattolo aiuta gli studenti a **comprendere l'origine statistica** di molte leggi fisiche macroscopiche



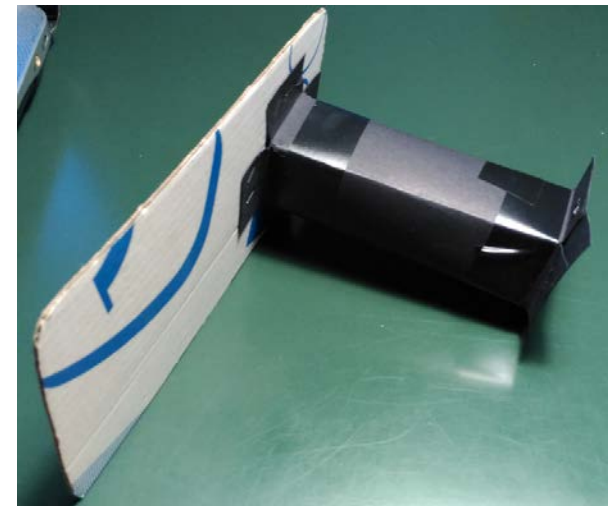
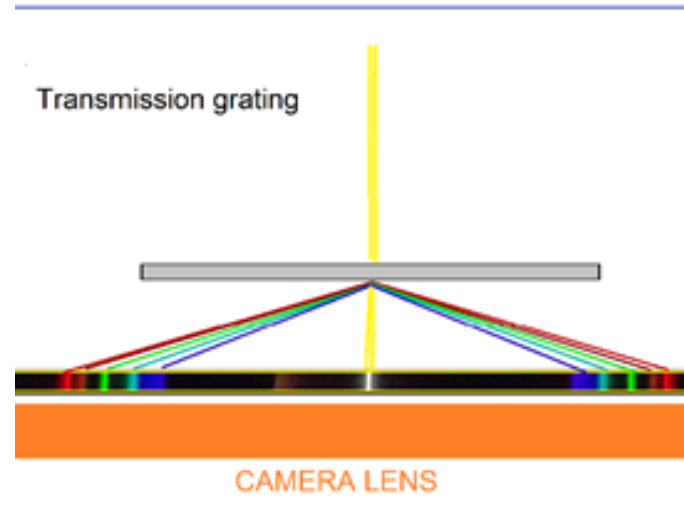
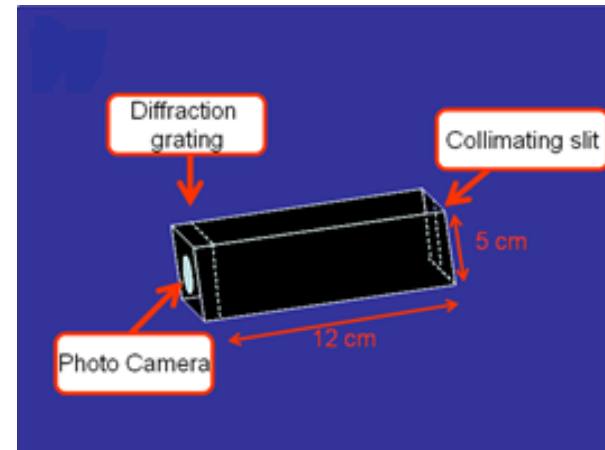
SPETTROMETRIA A BASSO COSTO CON SPETTROFOTOMETRI BASATI SULLO SMARTPHONE

Abbiamo sviluppato e standardizzato una tecnica per ottenere **analisi spettrometriche** di buona qualità utilizzando la fotocamera dello smartphone. La tecnica è parte integrante dei nostri programmi di formazione degli insegnanti.

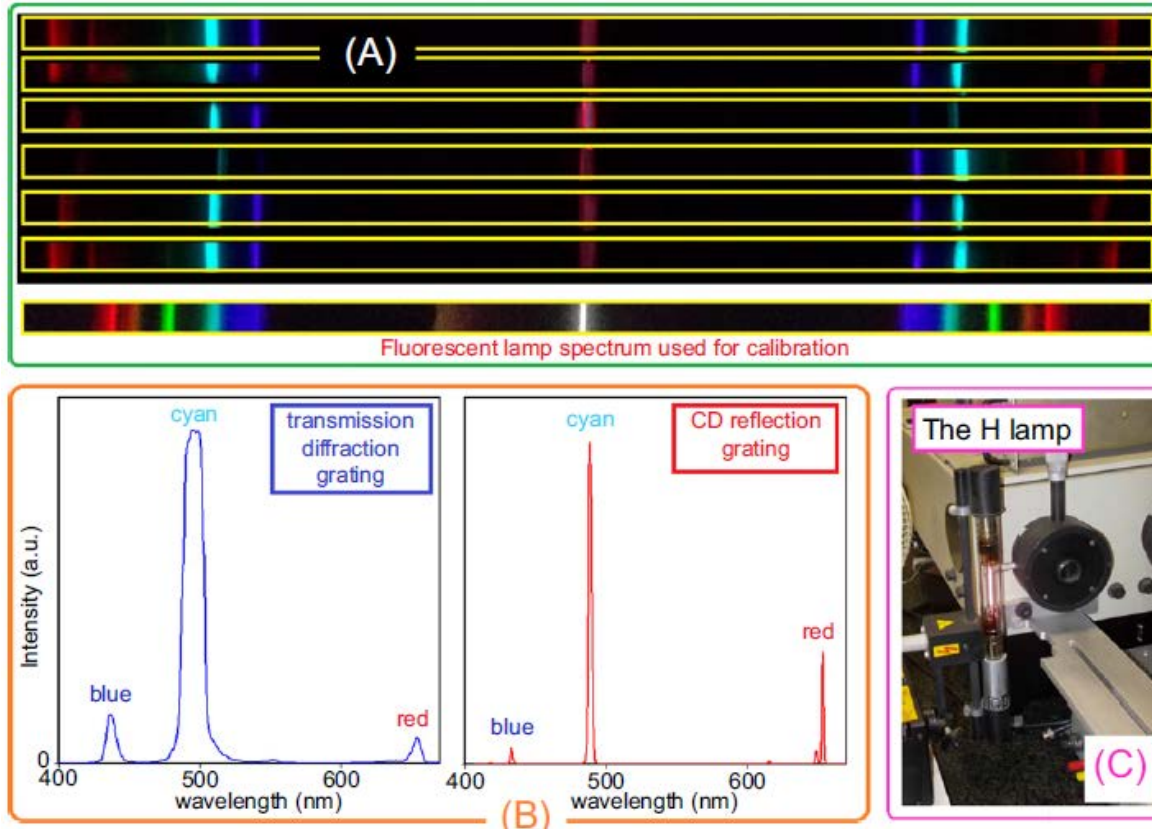


COSTRUZIONE DEL DISPOSITIVO

- Utilizzo di materiali "poveri" e software open source o comunque gratuito per l'analisi dei dati
- Ciascuno studente può usare il proprio dispositivo (filosofia "bring your own device")



ESEMPIO: MISURA DELLA COSTANTE DI RYDBERG



Utilizzando il nostro spettrometro "home-made" e una lampada a idrogeno è possibile misurare il valore della **costante di Rydberg** con uno scarto dal valore vero inferiore all'1%. Per la calibrazione è possibile utilizzare una comune lampadina a fluorescenza.

IL PROGETTO PLS – PIANO LAUREE SCIENTIFICHE

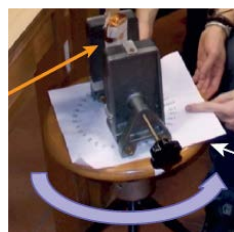
Il gruppo di Pavia è coinvolto dal 2005 nel **progetto PLS - Piano Lauree Scientifiche**. Un obiettivo centrale del progetto è quello di stimolare gli studenti della scuola secondaria a proseguire i loro studi iscrivendosi a corsi di laurea dell'area scientifica anche attraverso **attività di tipo laboratoriale svolte in università**.

Altre finalità riguardano:

- La **riduzione degli abbandoni** nei primi anni dei corsi di laurea di area scientifica
- La promozione della **parità di genere nelle discipline STEM**.
- La **formazione permanente degli insegnanti**.

PROGETTAZIONE DI LABORATORI PLS

Elettromagnetismo



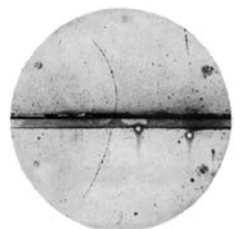
Forze magnetiche



Induzione magnetica



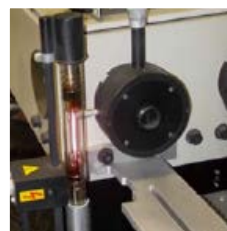
Elettroni & campi magnetici



Fotografie storiche di camere a nebbia

Fisica moderna

Costante di Rydberg



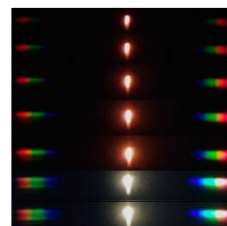
Effetto foto-elettrico



LED e costante di Planck



Misura dell'efficienza quantistica



Radiazione di corpo nero

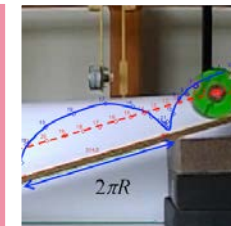
Meccanica



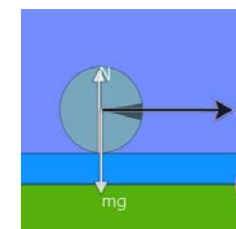
Sensori di moto: urti



Tracker: rotolamento e attrito



Pendoli storici



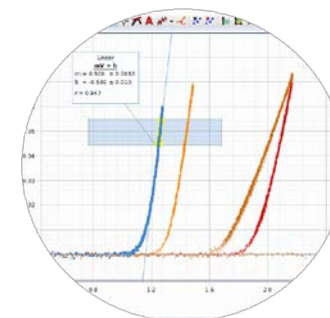
Software di simulazione

LABORATORIO SU EFFETTO FOTOELETTRICO E LED

La comprensione della relazione di Planck-Einstein $E = h\nu$ costituisce un obiettivo importante della didattica della fisica quantistica a livello di **scuola secondaria**. Tale relazione può essere studiata sperimentalmente con metodi semplici sia dal versante dell'assorbimento di un fotone (effetto fotoelettrico) sia da quello dell'emissione di un fotone (LED).

Significative difficoltà di apprendimento degli studenti per questi concetti sono studiate nella letteratura.

Hanno partecipato nel tra il 2017 e il 2018 oltre 200 studenti delle province di Pavia, Lodi, Piacenza, Milano.



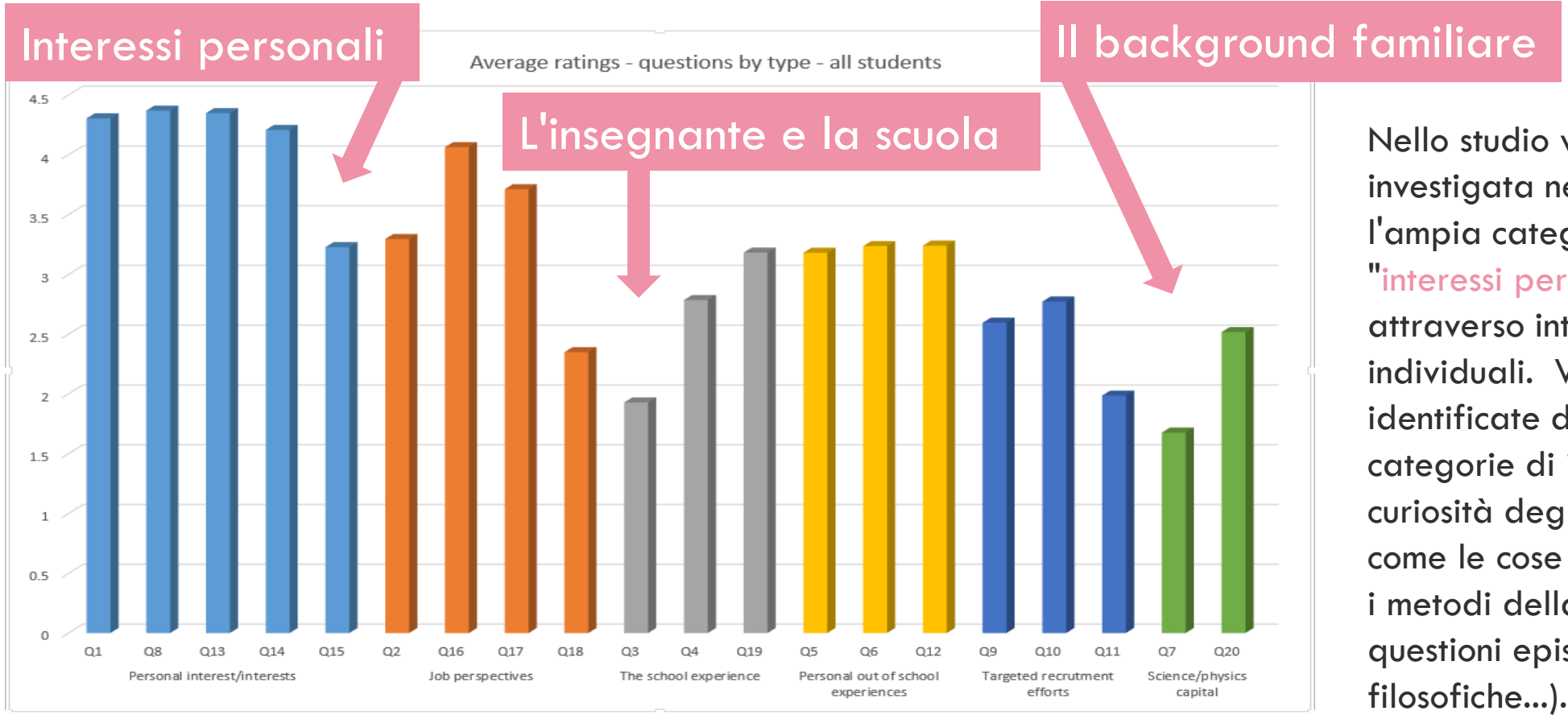


INTERESSI E CURIOSITÀ DEGLI STUDENTI DEL PRIMO ANNO DI FISICA: IL PROGETTO HOPE

Il gruppo di Pavia è stato attivamente coinvolto nel progetto Europeo HOPE - Horizons in Physics Education nell'ambito del quale sono stati effettuati studi sugli interessi e le motivazioni che portano gli studenti a iscriversi a Fisica. Il progetto HOPE ha coinvolto 71 sedi partner da 31 nazioni Europee.



PERCHÈ GLI STUDENTI SI ISCRIVONO A FISICA?



Nello studio viene investigata nel dettaglio l'ampia categoria degli "interessi personali" attraverso interviste individuali. Vengono identificate diverse categorie di interessi e curiosità degli studenti (per come le cose funzionano, per i metodi della fisica, per questioni epistemologiche e filosofiche...).