

RICERCHE IN DIDATTICA, STORIA, FONDAMENTI DELLA FISICA, E ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE AD ESSE CORRELATE

**AREA DI RICERCA IN DIDATTICA,
STORIA, FONDAMENTI DELLA FISICA**

Congresso del Dipartimento di
Fisica e della Sezione INFN di Pavia
DIPARTIMENTO DI FISICA "A. VOLTA"
17-18 FEBBRAIO 2026

AMBITI DI RICERCA, REFERENTI, PROGETTI

- Storia della fisica, Musei: [Lucio Fregonese](#)
- Didattica della Fisica: [Massimiliano Malgieri](#), [Paolo Montagna](#)
- Fondamenti della Fisica: [Gianluca Introzzi](#)
- Educazione non formale, Outreach: [Paolo Montagna](#), [Massimiliano Malgieri](#)

PROGETTI NAZIONALI E INTERNAZIONALI:

Piano Lauree Scientifiche (PLS)

ISTITUTO NAZIONALE DI TECNOLOGIE QUANTISTICHE — NQSTI, Spoke 9
'Education and outreach' (progetto PNRR)

PARTECIPAZIONE A ORGANISMI INTERNAZIONALI:

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

ESERA (European Science Education Research Association)

IEEE Education Society

COLLABORAZIONI:

Bologna, Trento, Udine, Palermo, Milano, Insubria, Padova, Aarhus, Musei Civici di Como

FORMAZIONE INSEGNANTI IN DIPARTIMENTO: CORSI DI METODOLOGIE E TECNOLOGIE DIDATTICHE PER LA FISICA (16 CFU)

- **Didattica della fisica:** 2 CFU + 2 CFU (M. Malgieri)
- **Didattica del laboratorio di fisica:** 2 CFU (M. Malgieri) + 2CFU (P. Montagna*) + 1 CFU (Laboratorio Python)
- **Didattica della fisica moderna:** 4 CFU (G. Introzzi)
- **Storia della fisica per l'insegnamento:** 1 CFU + 2 CFU (L. Fregonese)

ALCUNE RICERCHE RECENTI IN DIDATTICA DELLA FISICA

Massimiliano Malgieri

PSEUDO-QM (CON UNINA, UNITN, INSUBRIA)

PSEUDO-QM è un questionario diagnostico sulle concezioni pseudo-scientifiche che ruotano intorno alla meccanica quantistica.

Alla base di PSEUDO-QM vi è una concettualizzazione della pseudo-scienza quantistica basata sulle seguenti dimensioni:

- A. **Magia/Misticismo:** Il legame tra MQ e magia/misticismo affonda le sue radici in libri popolari della fine del XX secolo in cui le caratteristiche non causali e non deterministiche della meccanica quantistica venivano viste come possibili spiegazioni per fenomeni metafisici e paranormali. La successiva comparsa del mondo quantistico nella letteratura New Age ha ulteriormente rafforzato questa tendenza, tentando di conciliare la fisica quantistica con dottrine religiose e filosofie olistiche. Ad esempio, il problema della misurazione in meccanica quantistica può essere descritto come l'idea che "la realtà dipenda dall'osservatore", promuovendo credenze di predominio della mente sul corpo o della mente sulla realtà.
- B. **Teorie del complotto:** La teoria quantistica può essere vista come un potente corpus di conoscenze circondato da un'aura di elitarismo. Ciò può indurre a credere che la teoria contenga informazioni nascoste, potenzialmente utili all'intera popolazione, ma che siano invece tenute segrete e accessibili solo a "eletti".
- C. **Negazione della scienza:** Il rapporto tra teoria quantistica e negazione scientifica si basa spesso su interpretazioni metaforiche inappropriate di alcuni aspetti della teoria. Ad esempio, se il principio di indeterminazione viene interpretato, in modo metaforico, come un "limite alla conoscenza umana", questo può essere utilizzato come una "backdoor" per la negazione della scienza.
- D. **Disinformazione:** Per disinformazione intendiamo il tentativo di promuovere punti di vista che non coinvolgono nessuna delle tre dimensioni sopra menzionate, ma che tuttavia si discostano da quelli che hanno legittimità scientifica in un dato momento. La disinformazione riguarda principalmente affermazioni ambigue e fuorvianti sulla teoria quantistica che promuovono conclusioni che si rivelano false o inaccettabili per la comunità scientifica. Ad esempio, affermazioni non ortodosse sull'entanglement possono riferirsi o suggerire implicitamente una comunicazione istantanea tra sistemi di particelle.

PSEUDO-QM: PUBBLICAZIONI E APPLICAZIONI

PSEUDO-QM è stato testato e validato su un campione significativo di studenti e insegnanti di scuola secondaria, dimostrando proprietà psicometriche adeguate e confermando l'adeguatezza della concettualizzazione utilizzata per la pseudo-scienza quantistica.

E' stato inoltre utilizzato a UNIPV come pre-post test per gli studenti partecipanti all'annuale scuola di fine estate sulle tecnologie quantistiche, con risultati interessanti (oggetto del poster n.60 in questo congresso) e da cui è stato tratto un contributo accettato per IEEE EDUCON 2026 che si terrà al Cairo, 27-30 Aprile 2026.

I risultati che discutiamo nel seguito riguardano due campioni combinati di studenti di scuola secondaria di 17-18 anni, provenienti principalmente dal Liceo scientifico che hanno partecipato alla scuola per propria scelta. Pertanto, i campioni sono autoselezionati e composti da studenti con un interesse particolare per la fisica quantistica e/o l'informatica. I campioni del 2024 e del 2025 sono composti rispettivamente da 27 e 30 studenti, quindi per il campione combinato $N=57$, con 46 studenti maschi e 11 femmine.

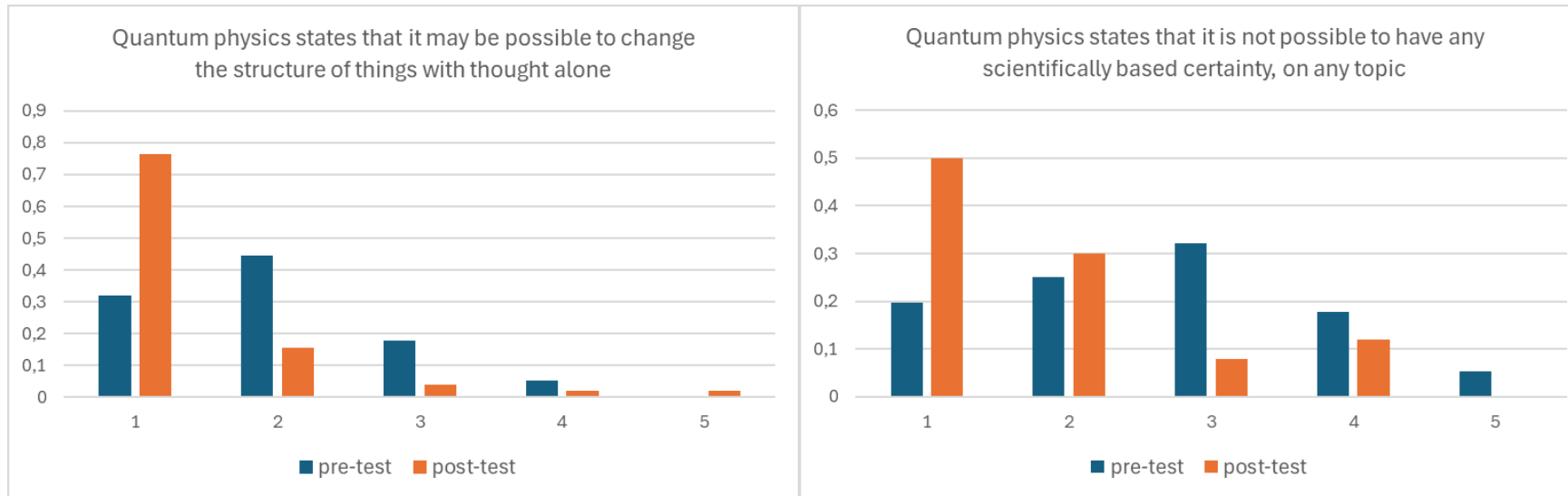
Le domande ammettono risposte in scala di Likert a 5 valori (da "per niente d'accordo" a "molto d'accordo")

Bondani, M., Galano, S., Malgieri, M., Onorato, P., Sciarretta, W., & Testa, I. (2025). *Development and use of an instrument to measure pseudoscientific beliefs in quantum mechanics: the PSEUDO-QM scale*. Research in Science & Technological Education, 43(4), 1330-1351.

Sciarretta, W., Bondani, M., Galano, S., Malgieri, M., Onorato, P., & Testa, I. (2024). *Analysis of pseudoscientific beliefs in quantum mechanics of high school students and teachers*. Physical Review Physics Education Research, 20(2), 020145.

CAMBIAMENTI NELLE CONCEZIONI PSEUDOSCIENTIFICHE DI STUDENTI DI SCUOLA SECONDARIA DOPO UNA SCUOLA ESTIVA SULL'INFORMAZIONE QUANTISTICA

Dei 22 item del questionario, 21 hanno un cambiamento nella direzione desiderata (per l'unica eccezione il cambiamento in direzione inversa non è statisticamente significativo, ma può comunque indurre a qualche riflessione), cambiamento che è statisticamente significativo (t-test a due campioni, $p < 0.05$) per 15 item.



Malgieri, M., Sutrin, C., Zuccarini, G., Macchiavello, C. "Changes in secondary students' pseudoscientific conceptions of quantum mechanics after a summer school on quantum information science". Accepted for presentation at IEEE EDUCON 2026, Cairo, April 27-30 2026

LA SCUOLA ESTIVA A PAVIA

La scuola di fine estate sulle tecnologie quantistiche per studenti della scuola secondaria di secondo grado si è tenuta al Dipartimento per quattro edizioni (settembre 2022-2025), le ultime tre delle quali sono state organizzate nell'ambito del **NQSTI - Spoke 9**. La scuola è anche finanziata dal **PLS - Piano Lauree Scientifiche - Fisica**.

Il corso sul quale la scuola è basata è stato sviluppato nell'ambito del **Model of Educational Reconstruction** (MER) e mira all'integrazione delle diverse discipline coinvolte (fisica, matematica, informatica).

Gli studenti sono coinvolti **attività di modellizzazione** su schede con micro-compiti che vengono scolti dagli studenti inframmezzati alla lezione frontale, che consentono di tenere alta l'attenzione, e di avere un utile feedback sulla loro reale comprensione. E' previsto anche un pomeriggio di **laboratorio**, che sfrutta l'implementazione mediante analogia con luce classica classica di qubit ottici (polarizzazione e which-path).

Lo svolgimento di queste attività è agevolato dall'interazione di **molteplici rappresentazioni**, come ad esempio il costante interplay tra i circuiti logici e la rappresentazione di una loro possibile realizzazione sperimentale mediante "circuiti ottici":

SUMMER SCHOOL QUANTUM TECHNOLOGIES PER STUDENTI DEL QUINTO ANNO DI SCUOLA SUPERIORE

TERZA EDIZIONE

Università degli studi di Pavia,
Dipartimento di Fisica



La manipolazione di singoli **sistemi quantistici** e le nascenti **tecnologie** richiedono lo studio della meccanica quantistica non più solo a fisici ma anche a matematici, informatici, ingegneri, chimici e biologi. La scuola si basa su un **approccio integrato e multidisciplinare** che conduca gli studenti a comprendere la dialettica tra fisica, matematica, logica, probabilità e informatica, orientandoli verso un nuovo modo di pensare il mondo.



Zuccarini, G., Sutrini, C., Bondani, M., Macchiavello, C., & Malgieri, M. (2024). *Teaching quantum information science to secondary school students with photon polarization and which-path encoding*. EPJ Quantum Technology, 11(1), 74.

CARATTERISTICHE E PROGRAMMA DELLA SCUOLA

A fondamento teorico delle attività svolte durante il corso, vi è un modello del cambiamento concettuale nel processo di apprendimento, tra il paradigma classico e quello quantistico, sviluppato con G. Zuccarini.

Il corso è schematicamente strutturato come segue:

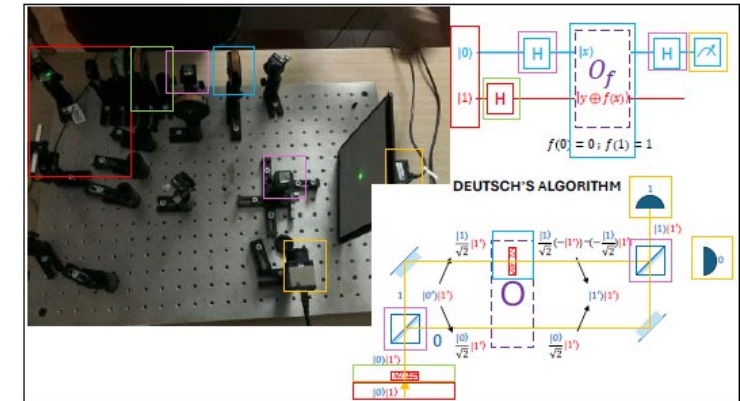
- **Corso introduttivo nel contesto della polarizzazione lineare del fotone:** transizione dalla meccanica classica a quella quantistica, favorito da:

- utilizzo di attività che rispecchiano pratiche epistemiche specifiche della disciplina
- analisi degli elementi di cambiamento e di continuità nei concetti/costrutti fisici nel passaggio tra le due teorie (osservabile, misura, stato, vettore, sovrapposizione, interferenza, correlazione)

- **Dalla computazione classica a quella quantistica:** riconoscere che il cambiamento della teoria in fisica implica anche una transizione nella logica e nella probabilità, quindi una nuova prospettiva nella computazione

- discussione di codifiche classica e quantistica, porte, circuiti, algoritmi e protocolli
- discussione della struttura generale di un algoritmo quantistico mettendo in evidenza il ruolo nella computazione di nuove proprietà fisiche
- dalla trattamento classico a quello quantistico di alcuni problemi (algoritmi di Deutsch e Grover)

Zuccarini, G., & Malgieri, M. (2024). *Modeling and representing conceptual change in the learning of successive theories: The case of the classical-quantum transition*. Science & Education, 33(3), 717-761.



Sutrin, C., Zuccarini, G., Malgieri, M., Bondani, M., & Macchiavello, C. (2024). *An educational model of the Deutsch algorithm for secondary school*. European Journal of Physics, 45(2), 025302.

LA RACCOLTA DI DATI

I dati sono stati raccolti attraverso diversi strumenti:

- **In termini di comprensione concettuale**, attraverso le schede di lavoro per gli studenti e un test finale.
- **Per quanto riguarda la persistenza di credenze pseudoscientifiche**, attraverso il questionario PSEUDO-QM precedentemente discusso
- **In termini di approvazione e soddisfazione**, tramite un altro questionario.

I risultati in termini di comprensione concettuale sono stati soddisfacenti, con circa $\frac{3}{4}$ degli studenti che hanno raggiunto una buona conoscenza pratica dei fondamenti dell'informazione quantistica. Gli studenti hanno acquisito familiarità con la progettazione e l'uso delle porte quantistiche (Z, X e H) sia nella codifica di polarizzazione che in quella sui cammini, si sono dimostrati in grado di progettare circuiti quantistici elementari e tradurli da una rappresentazione all'altra, e di spiegare i principi degli algoritmi di Deutsch e Grover.

I risultati in termini di approvazione e soddisfazione sono stati eccellenti

PORTA Z

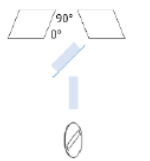
$$\begin{array}{lcl} |1\rangle & \xrightarrow{\quad} & -|1\rangle \\ |0\rangle & \xrightarrow{\quad} & |0\rangle \end{array} \quad \text{per la linearità} \quad a|0\rangle + b|1\rangle \xrightarrow{\quad} a|0\rangle - b|1\rangle$$

A.2 Proponi un'implementazione della porta utilizzando uno o più dei seguenti dispositivi a disposizione

- due cristalli di calcite, diretto e inverso, con canali a 0° e 90°
- uno specchio senza sfasamento
- uno sfasatore
- un filtro orientabile a piacere

Rappresenta l'apparato a destra della sorgente a singolo fotone, spiegandone il funzionamento

$$|\psi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle$$



$$|\psi\rangle = a|0\rangle - b|1\rangle$$



Malgieri, M., Sutrin, C., Zuccarini, G., & Macchiavello, C. (2025). *First Outcomes of a Teaching–Learning Sequence on Quantum Information and Computation*. In *Advancing Physics Education: Innovations from Early Learning to Higher Education* (pp. 161-175). Cham: Springer Nature Switzerland.

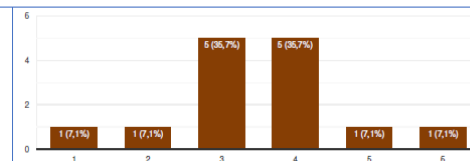
FORMAZIONE DEGLI INSEGNANTI SULLE TECNOLOGIE QUANTISTICHE

Perché l'educazione sulle tecnologie quantistiche non rimanga un fatto episodico, è indispensabile anche un lavoro capillare sulla formazione degli insegnanti. Il percorso proposto da UNIPV è stato offerto agli insegnanti in due corsi, tenutisi in forma ibrida negli A.S. 2022/23 e 2025/26. Negli anni intermedi abbiamo invece partecipato a iniziative di formazione analoghe in collaborazione con altri Atenei e nell'ambito di NQSTI (es. scuola di formazione su Scienza e Tecnologie quantistiche a Volterra, luglio 2025).

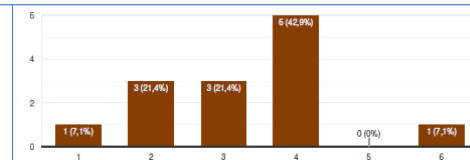
In generale, nonostante le alte valutazioni di gradimento, il risultato di questi corsi non è ottimale, nel senso che molti insegnanti non acquisiscono sufficiente sicurezza con i temi trattati, e rimangono scettici sulla possibilità di presentare questi argomenti nella scuola secondaria di secondo grado.

In linea con altre iniziative di formazione insegnante, l'efficacia del corso in termini di applicazione diretta rimane bassa, circa al 10% (un insegnante su 10 formati sperimenta effettivamente in classe quanto appreso). Alcune di queste sperimentazioni, tuttavia, sono state di notevole valore.

How do you think it would be feasible to introduce some quantum technology issues to your students?



How practicable do you think the idea of a multidisciplinary (physics, mathematics, computer science) and longitudinal (developed along the entire five-year cycle) path based on the physical aspects of computation is?



Sutrini, C., Malgieri, M., & Macchiavello, C. (2022, June). *Quantum technologies: a course for teacher professional development*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2297, No. 1, p. 012018). IOP Publishing.

Sutrini, C., Malgieri, M., Zuccarini, G., & Macchiavello, C. (2023, April). *A teacher professional development course on quantum technologies: discussion of results*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2490, No. 1, p. 012006). IOP Publishing.

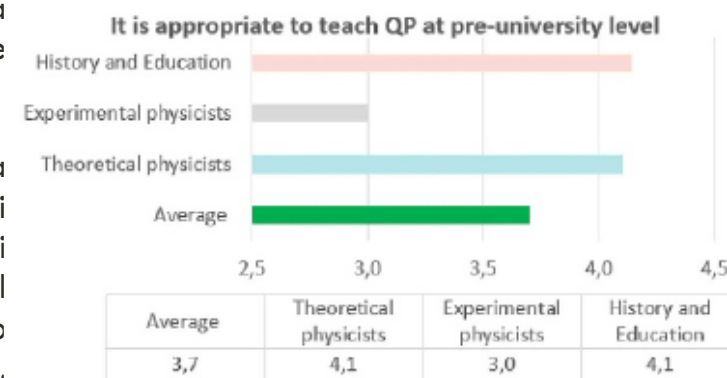
SURVEY SULL'INSEGNAMENTO DELLA MECCANICA QUANTISTICA

In collaborazione con l'Università di Trento, abbiamo effettuato uno studio basato su questionari scritti e interviste, che ha coinvolto 48 esperti (docenti e ricercatori universitari, in diverse aree della fisica) su quali contenuti e metodi dovrebbero essere utilizzati per l'insegnamento della meccanica quantistica nella scuola secondaria di secondo grado.

Non abbiamo riscontrato un consenso unanime sul fatto stesso che si debba insegnare tale teoria nella scuola superiore: in particolare, nel nostro campione abbiamo riscontrato scetticismo soprattutto da parte dei fisici che lavorano in ambito sperimentale.

In generale, le proposte degli esperti (escludendo coloro che si occupano direttamente di didattica della fisica) non si discostano molto dagli approcci e dai temi oggi proposti nelle indicazioni nazionali e dai libri di testo. Gli esperti sono generalmente consapevoli del dibattito in corso da tempo sull'appropriatezza di alcuni esempi ed argomentazioni (es. l'effetto fotoelettrico come dimostrazione dell'esistenza del fotone; il microscopio di Heisenberg come spiegazione dell'indeterminazione intrinseca) ma spesso sono dell'opinione che si tratti di punti troppo sofisticati per essere affrontati con studenti di scuola secondaria, e di fatto avvallano l'approccio quasi-storico proposto dai libri di testo.

Onorato, P., Mauro, M. D., & Malgieri, M. (2024). *Investigating the beliefs of experts on teaching quantum physics at secondary schools: key concepts, topics, and fundamentals*. *Physics Education*, 59(2), 025006.

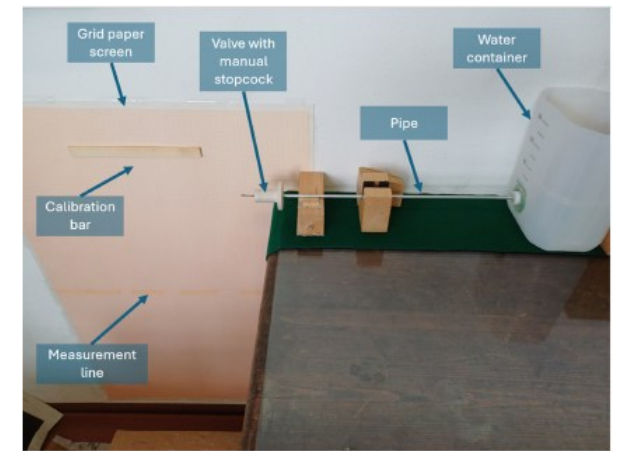


L'INSEGNAMENTO-APPRENDIMENTO DEI FLUIDI

In collaborazione con Enrico Giulotto, abbiamo aperto un piccolo ciclo di riflessioni sull'insegnamento-apprendimento della statica e della dinamica dei fluidi, tema che viene spesso affrontato in modo frettoloso non solo nella scuola secondaria, ma talvolta anche a livello universitario. Questa riflessione ha prodotto per ora due lavori:

- In un primo studio, abbiamo affrontato il tema dell'insegnamento della pressione atmosferica a livello di scuola secondaria e universitario, mettendo in luce come l'approccio tradizionale, basato sul 'peso della colonna d'aria' sopra un certo punto, possa generare importanti misconcezioni (prima fra tutte, l'idea che le forze di pressione risultanti su un corpo siano dirette verso il basso) e suggerito un approccio che connetta il concetto di pressione atmosferica all'equazione dei gas perfetti, evitando che gli studenti costruiscano modelli mentali distinti del concetto di pressione per la fluidostatica e la termodinamica.
- In un secondo studio, cui ha partecipato per la parte sperimentale anche M. Bertocchi, partendo da una riflessione sull'insegnamento del teorema di Bernoulli, abbiamo costruito e testato un semplice apparato a basso costo in grado di permettere agli studenti di verificare la versione non stazionaria dell'equazione di Bernoulli, e l'effetto dell'attrito nel caso stazionario. Questo esperimento è inteso come il punto di partenza per una attività educativa sulle assunzioni sottostanti alla versione ordinaria del teorema di Bernoulli. L'attività è stata testata con studenti del corso di Preparazione di Esperienze Didattiche, con risultati interessanti che potrebbero essere la base di un futuro lavoro.

Giulotto, E., & Malgieri, M. (2022). *Suggestions on the teaching of atmospheric pressure at university and secondary school levels*. *Physics Education*, 57(6), 065022.



Giulotto, E., Bertocchi, M., & Malgieri, M. (2025). *Experimental Verification of the Unsteady Bernoulli's Equation Using a Low-Cost Apparatus*. *The Physics Educator*, 7, 2550017.

ALTRI TEMI E LAVORI DI RICERCA

- **Questionario diagnostico sulla comprensione degli studenti dei principi di relatività ed equivalenza in meccanica classica**, (CRCI – Classical Relativity Concept Inventory) sviluppato con il gruppo dell'Università di Trento e validato con un campione di 267 studenti
- **Una review sull'insegnamento della fisica quantistica a livello elementare utilizzando l'approccio di Feynman**, che conclude idealmente il ciclo di lavori su questo tema partito durante il mio dottorato di ricerca (con P. Onorato)
- **Sviluppo di una sequenza di insegnamento-apprendimento sull'effetto serra**, evoluzione di quella costruita dal gruppo del dipartimento di fisica (Besson, De Ambrosis, Mascheretti, 2010). Aggiornata in base alle nuove tecnologie disponibili, alla recente ricerca didattica, ai risultati di apprendimento dei cicli precedenti, in collaborazione con l'università di Trento.
- **Un breve contributo di tipo storico-didattico sulla costante di Stefan - Boltzmann**, richiesto a me e P. Onorato da Nature Physics per la rubrica di metrologia 'measure for measure'.
- **Collaborazioni a lavori in gruppi molto estesi**, con il PLS-Fisica (sul gap di genere nelle discipline STEM); con i membri della ex Quantum Flagship (ancora sull'insegnamento della fisica quantistica)...

Zamboni, A., Marzari, A., Malgieri, M., Onorato, P., & Oss, S. (2026). *A diagnostic multiple-choice questionnaire on student misconceptions about relativity in classical mechanics*. European Journal of Physics, 47(1), 015708.

Malgieri, M., & Onorato, P. (2022). *Recent progress on the sum over paths approach in quantum mechanics education*. Physics, 4(3), 1012-1025.

Toffaletti, S., Di Mauro, M., Malgieri, M., Rosi, T., Tufino, E., Onorato, P., & Oss, S. (2023). *A teaching-learning sequence about climate change: From theory to practice*. American Journal of Physics, 91(9), 676-684.

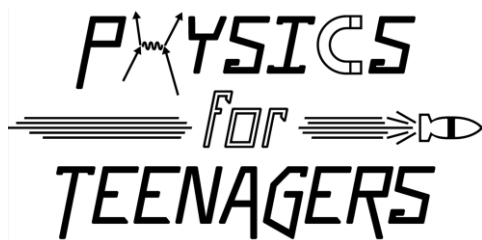
Malgieri, M., & Onorato, P. (2023). *No σ on σ* . Nature Physics, 19(11), 1734-1734.

Merzel, A, et al. (2024). *The core of secondary level quantum education: a multi-stakeholder perspective*. EPJ Quantum Technology, 11(1), 27.

EDUCAZIONE NON FORMALE E INTEGRAZIONE CON L'EDUCAZIONE FORMALE: APPLICAZIONI

Paolo Montagna

PROMOZIONE DELLA FISICA TERZA MISSIONE



P. Montagna
L. Zatti
C. Aimè
S. Restelli
M. Pirola (fino 2023)
E. Budassi
S. Venturini
D. Maragnano
A. Armanetti
M. Ghilardi

*Docenti
scuola superiore*
D. Santostasi
D. Aurelio

*Studenti
tirocinanti*
S. Verdi
C. Righini

A. Franzetti
L. Baiguera

J. Braghieri
C. Muffatti



UNIVERSITÀ DI PAVIA
Dipartimento di Fisica
"Alessandro Volta"



PIANO LAUREE SCIENTIFICHE - **FISICA**



ATTIVITA' FINANZIAMENTI PROGETTI

Attività per le scuole

- Seminari
- PCTO
- Gamification
- Giornata nucleare a Pavia

Partecipazioni
a festival, conferenze e fiere

Finanziamenti (da 2024)

- Rettore/COR 5000 €/anno
- Direttore Dip.Fisica 2000 €/anno
- Direttore INFN Pavia contributi al bisogno

Progetti

Progetto MUR
diffusione della cultura scientifica

Il contagio della Fisica

MUR Diff. Cultura Scient. 2020

“Physics4Teenagers: il contagio della Fisica”

Appl. dic 2020 – esito lug 2021

Svolgimento gen 2022 – ago 2023

con Liceo Cairoli Vigevano e Liceo Copernico Pavia

42 k€ Dip.Fisica + 30 k€ scuole



MUR Diff. Cultura Scient. 2024 ???

“Poweri noi! Watt should we do? La sfida energetica al tempo dei cambiamenti climatici”

Appl. lug 2024 – **in attesa di esito da 18 mesi**



SEMINARI PER LE SCUOLE

Elenco seminari:

Il metodo scientifico - P. Montagna
Daily math - P. Montagna
Radiazioni in Medicina - P. Montagna
La radioattività è tutta intorno a noi – P. Montagna
Matematica ludica - D. Aurelio
Matematica e letteratura – D. Aurelio
Da Galileo alla quantum gravity - E. Budassi, S. Venturini
Omaggio alla Meccanica Quantistica – E. Budassi, S. Venturini
Fisica e sport - M. Ghilardi, A. Franzetti
Uno sguardo alle particelle elementari – M. Ghilardi
Weighting Electricity – A. Franzetti
Artificial Intelligence al servizio della scienza - D. Maragnano
La fisica del colore - L. Zatti
La fisica dell'effetto serra - L. Zatti
Il magnetismo - L. Zatti
La fisica dei beni culturali – C. Aimè, S. Restelli

Dal 2022 al 2025:

>50 seminari svolti per **>3000 studenti** totali,
in **>20 scuole** diverse delle province di
PV-MI-PC-SO-VA-MN-BL



EVENTI PUBBLICI PER LA CITTADINANZA



PHYSICS for TEENAGERS | Progetto MUR diffusione della cultura scientifica | Il contagio della Fisica

CON IL PATROCINIO DI

UNIVERSITÀ DI PAVIA | PROVINCIA DI PAVIA | Comune di Pavia

IL CONTAGIO DELLA SCIENZA

CONTRO LA PANDEMIA DELLA (DIS)INFORMAZIONE

14 MAGGIO 2023

17:00 - 22:00

SALA DELL'ANNUNCIATA
Piazza Petrarca, 3 Pavia



LA FISICA SI SCOPRE

CONFERENZA APERTA ALLA CITTADINANZA:
"Radiazioni in medicina:
il nucleare a servizio
dell'uomo"

Relatore:
Prof. Paolo Montagna,
docente di radioattività,
dipartimento di Fisica
dell'Università di Pavia

Venerdì 10 marzo 2023 ore 18.00
Sala Muccin, Centro Giovanni XXIII, Belluno

Anni 2023-25:
Seminari in eventi pubblici per la cittadinanza a:
Pavia – Castelsangiovanni
Sondrio – Belluno – Mantova

PERCORSI PCTO

LA MATEMATICA DEL GIOCO

*D. Maragnano, J. Braghieri, A. Armanetti,
S. Verdi, A. Franzetti, P. Montagna*

- L. Cairoli Vigevano (2 anni)
- L. Bachelet Abbiategrasso
- L. Volta Castelsangiovanni (3 anni)

Totale circa 200 studenti



PHYSICS DEBATE: ENERGIA E CLIMA

L. Zatti, D. Maragnano, D. Aurelio, J. Braghieri, S. Verdi, P. Montagna, A. Armanetti

- L. Taramelli Pavia
- L. Copernico Pavia
- ITIS Cardano Pavia
- L. Volta Castelsangiovanni
- L. Spezia Domodossola

Totale circa 200 studenti

IL CLIMA STA CAMBIANDO

(ma noi facciamo finta di niente)



GIORNATA FISICA NUCLEARE A PAVIA

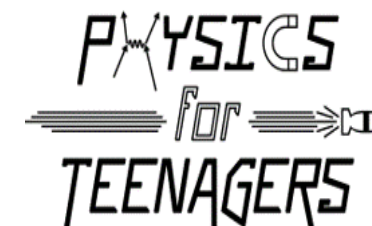


In **Palazzina INFN** via Ferrata da
2024/25:

20 giornate/anno
con 40 classi di scuole superiori
Circa **1000 studenti/anno**

- Visita al LENA
- Escape Room
fisica delle particelle
- Seminario di ambito fisica
nucleare o radiazioni

Collaborazione con LENA e INFN



FISICA NUCLEARE A PAVIA

Una proposta didattica
per le classi 4a e 5a
delle scuole superiori



Una giornata a Pavia (ore 9-16) dedicata alla fisica nucleare:

- 2h: Visita al reattore nucleare del LENA
- 2h: Escape room «PER me si va nella fisica recente»
- 2h: Seminario divulgativo a scelta su:
 - Le radiazioni e l'uomo
 - La radioattività è tutta intorno a noi
 - L'energia nucleare
 - Uno sguardo alle particelle elementari

ESPERIENZE ESTIVE FORMAZIONE E ORIENTAMENTO PER STUDENTI

≡ Ten days ≡
PHYSICS
≡ for ≡
TEENAGERS

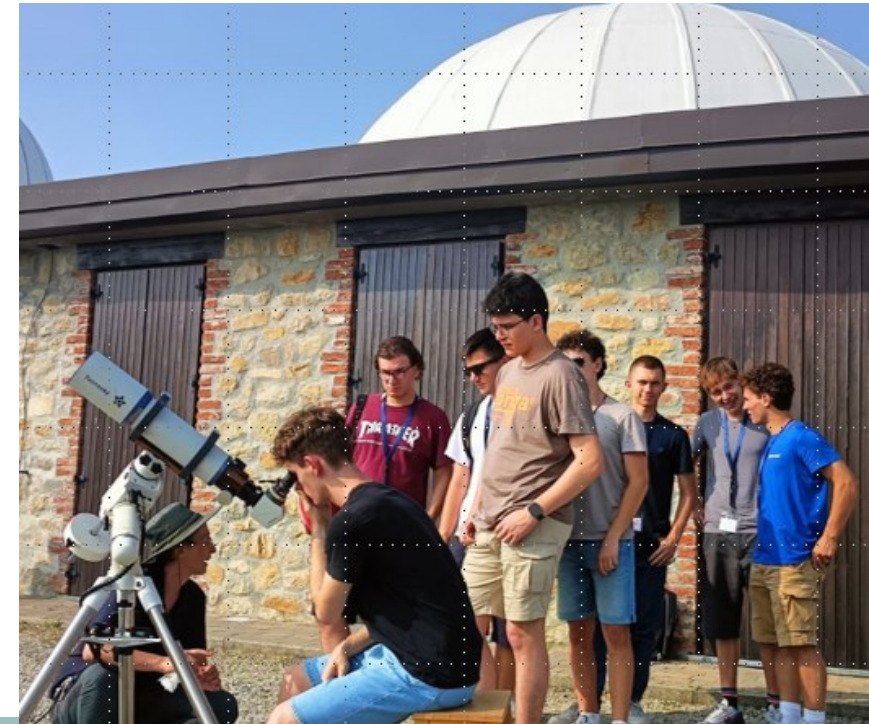
Dipartimento di Fisica
Università di Pavia
dal 9 al 19 giugno 2026

- Apprendimento attivo
- Didattica informale e friendly
- “Dai giovani ai giovani”
- Fisica moderna e quotidiana
- Esperienze di laboratorio a gruppi di 5-6
- Presentazione in “congresso finale”
- Visite a LENA – (CNAO) – Osserv. Ca’ del Monte

Circa 50 partecipanti/anno
(30% poi iscritti a Fisica)

Da 2025:
INFN CC3M
Progetto Nazionale STAGE
con stages Ferrara e Legnaro

Presidente P. Paolucci
a Pavia per la chiusura



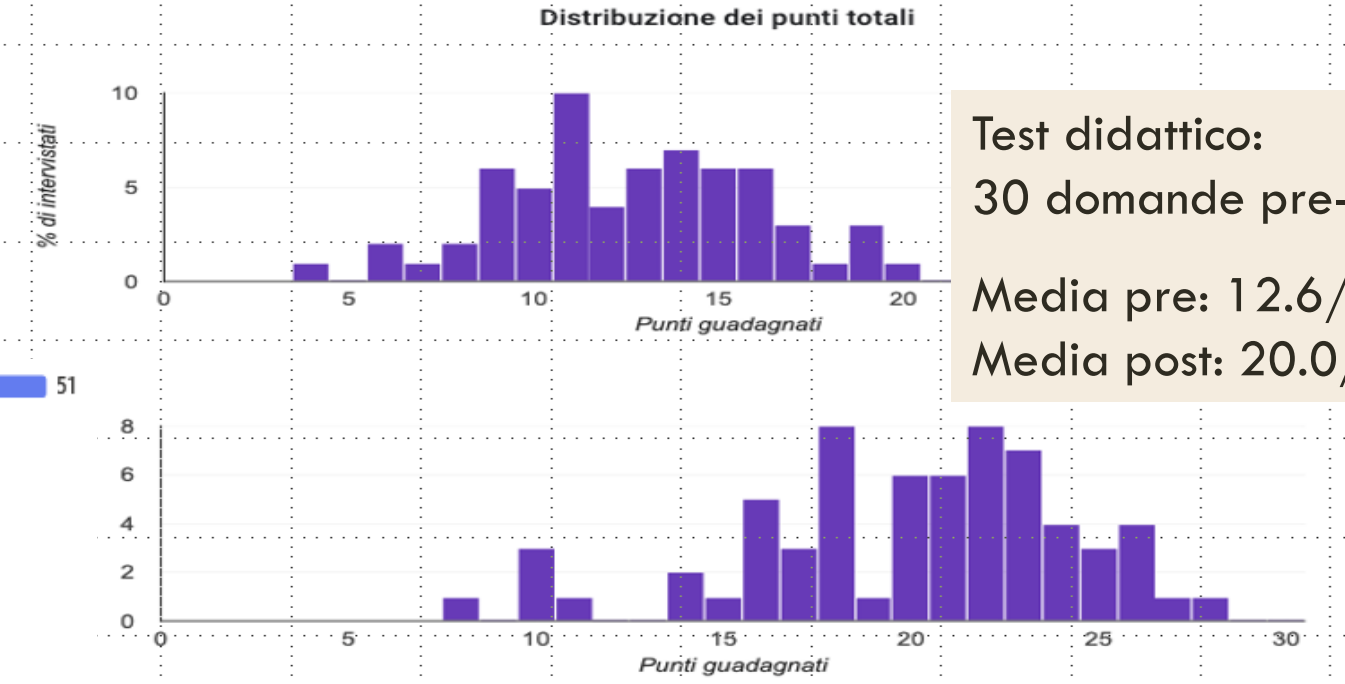
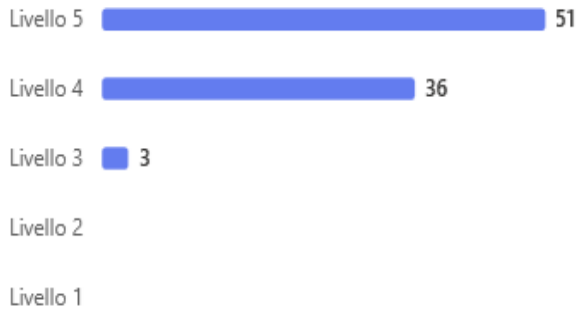
TENDAYS PHYSICS 4 TEENAGERS

VALUTAZIONE DIDATTICA E GRADIMENTO

4.53

Valutazione media

★★★★☆



Test didattico:
30 domande pre-post

Media pre: 12.6/30
Media post: 20.0/30

	Stage 2021 (edizione ibrida 20 studenti)	Stage 2022 (43 studenti)	Stage 2023 (45 studenti)	Stage 2024 (53 studenti)	Stage 2025 (67 studenti)
# interessati pre	1 (5%)	8 (19%)	9 (20%)	10 (19%)	11 (16%)
# interessati post	5 (25%)	20 (41%)	18 (40%)	23 (44%)	24 (36%)
# immatricolati	3 (1 PV, 2 fuori tra i più bravi)	12 (6 PV, 6 fuori 3 tra i più bravi, 2 ritirati)	13 (7 PV, 6 fuori 8 tra i più bravi)	17 (10 PV, 7 fuori)	-----
% matricole	4% (74 matricole)	11% (108 matricole)	14% (92 matricole)	20% (84 matricole)	

ESPERIENZE ESTIVE FORMAZIONE E AGGIORNAMENTO PER DOCENTI DI MAT/FIS

14-17 LUGLIO
2026

DIPARTIMENTO DI FISICA
AULA 101

PHYSICS4TEENAGERS
**IL CONTAGIO
DELLA FISICA**

Corso di formazione e aggiornamento per
docenti di matematica, fisica e scienze
delle scuole secondarie superiori

5^o EDIZIONE



- Apprendimento attivo
- Didattica informale e friendly
- Fisica moderna e quotidiana
- Forte stimolo al laboratorio e al lavoro di gruppo
- Scambio di idee ed esperienze tra docenti
- Visite a LENA – (CNAO) – Osserv. Ca' del Monte
- Visita guidata alla città di Pavia
- Patrocinio del Comune e accoglienza del Sindaco

IL CONTAGIO DELLA FISICA VALUTAZIONE E GRADIMENTO

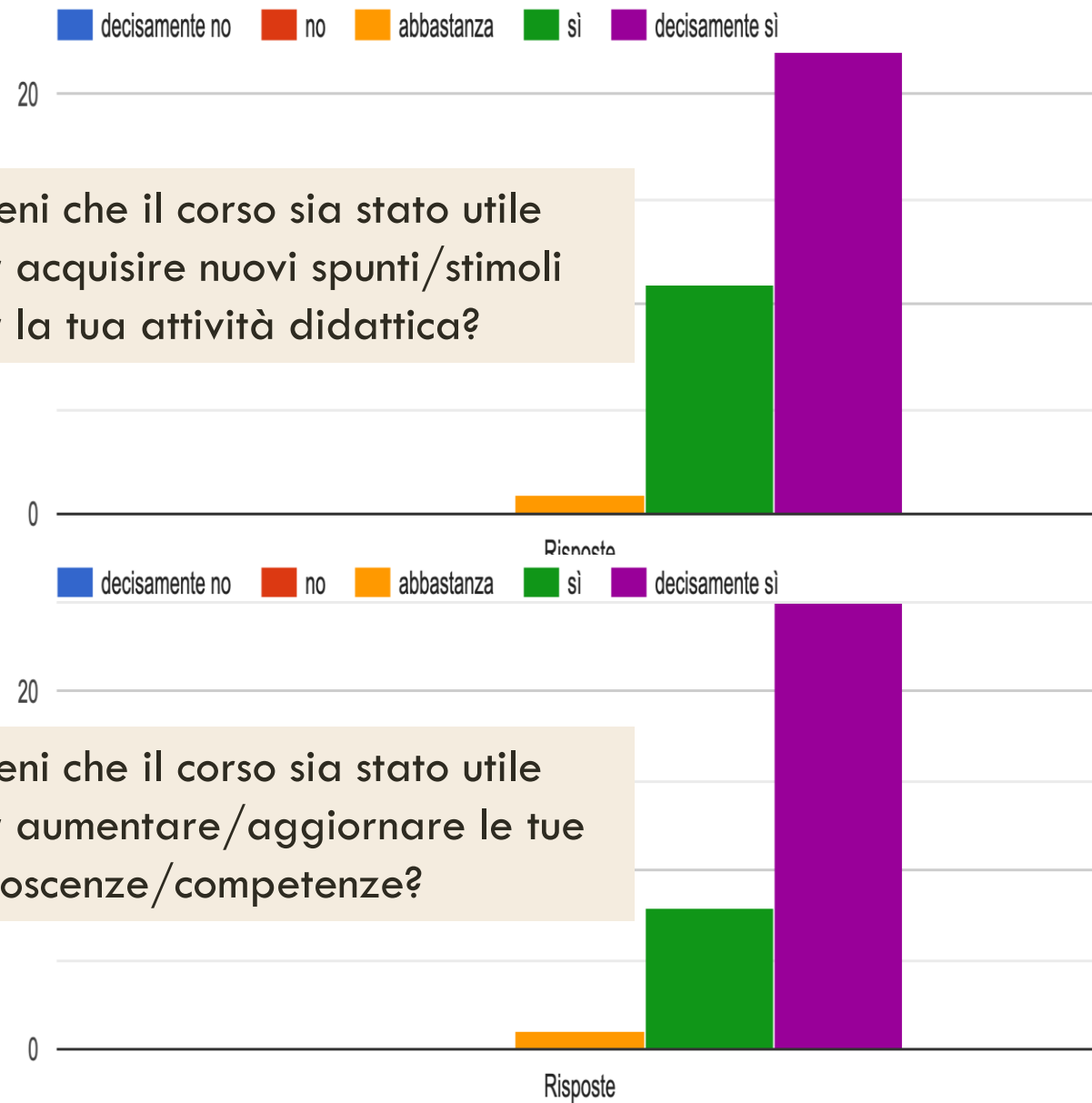


Valutazione media soddisfazione: 4.76/5

Rete di contatti via email e whatsapp
per scambio di idee ed esperienze
tra i docenti e con il Dipartimento

Da 2026: INFN CC3M Progetto PID

Con corsi analoghi a Legnaro, Gran Sasso, Lab.Sud Catania



GAMIFICATION

GAME BASED LEARNING



"Poweri noi! Watt should we do?"



POSTER L. ZATTI

Gioco di carte a squadre
sulla transizione energetica

"PER me si va ne la fisica recente
Particle Escape Room"

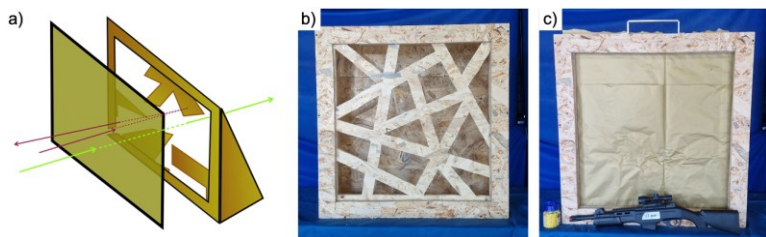


POSTER P.MONTAGNA

Escape room di fisica
delle particelle

PER ME SI VA NE LA FISICA RECENTE PARTICLE ESCAPE ROOM

- Ideato e realizzato dal gruppo Physics4Teenagers
- Presentato al Festival della Scienza di Genova (ott 2021)
- Proposto a Pavia (Collegio Cairoli, Liceo Copernico), Piacenza (Liceo Respighi), Abbiategrasso (Liceo Bachelet), Belluno (Liceo Galilei-Tiziano)
- Tesi di laurea LT Simone Verdi giu 2023
- Allestito in modo permanente presso Palazzina INFN via Ferrata
- Sperimentato finora da circa 3000 studenti



POSTER P.MONTAGNA

Pre - Post

Wrong → Correct

Correct → Correct

Wrong → Wrong

Correct → Wrong

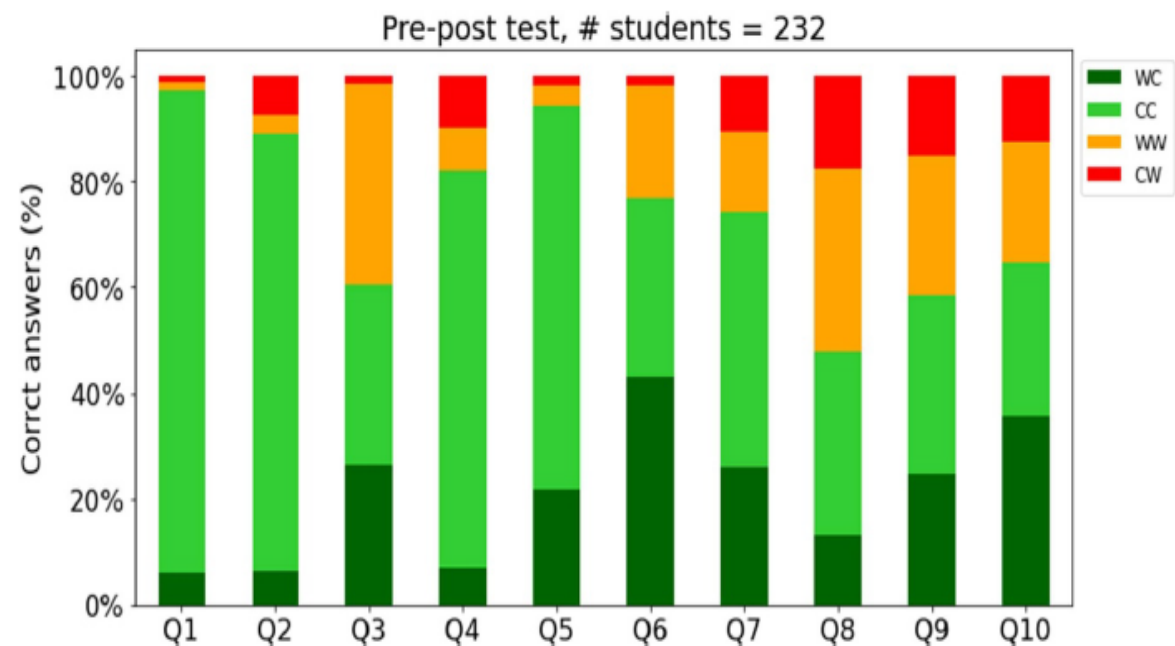


Figure 5. Bar-plot for each question of correlations between answers to pre- and post-tests of each students. Colours represent the correlation between individual students' responses in pre- and post-test: Wrong-Correct (dark green), Correct-Correct (light green), Wrong-Wrong (orange), Correct-Wrong (red).

POWERI NOI! WATT SHOULD WE DO?

- Ideato e realizzato dal gruppo Physics4Teenagers
- Carte con parametri energetici, software python per gestire il gioco
- Presentato a BergamoScienza (ott 2024)
- Inserito nel Progetto GAME della CC3M INFN a Fiera Didacta (mar 2025)
- Proposto a circa 30 classi di diversi licei, a Pavia e in altre città
- Presentato alle conferenze internazionali GIREP 2025 e ESDRA 2025
- Tesi di laurea LM Simone Verdi ott 2025



POSTER L. ZATTI

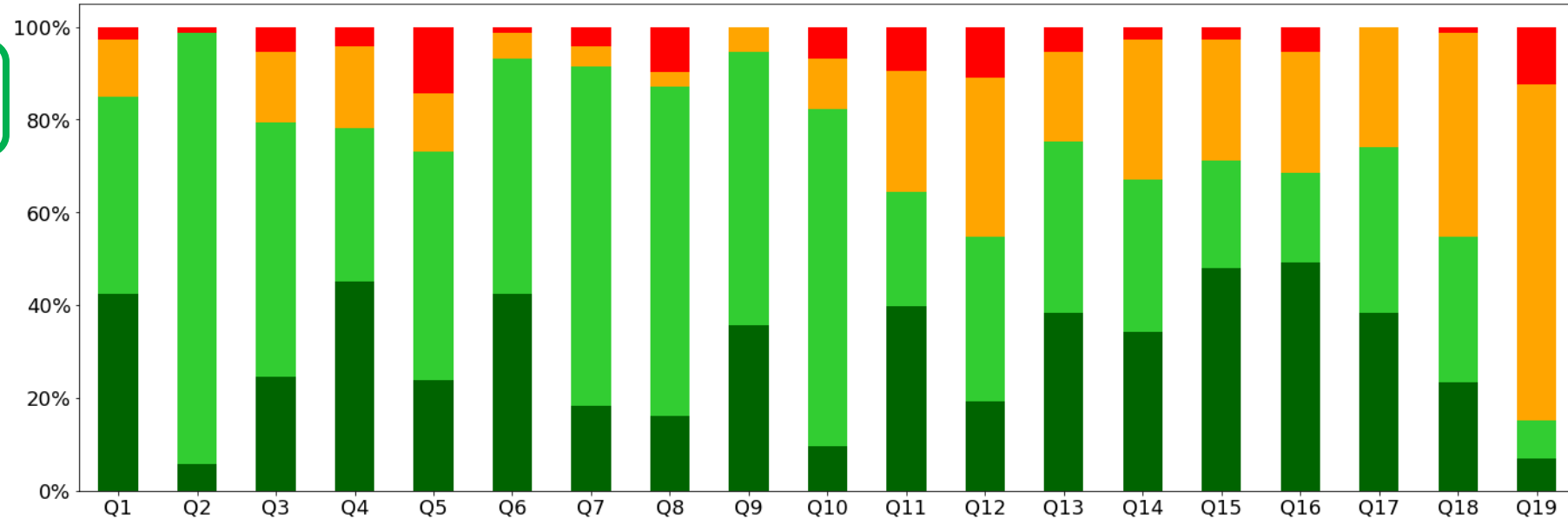
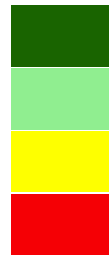
Pre - Post

Wrong → Correct

Correct → Correct

Wrong → Wrong

Correct → Wrong



FESTIVAL E FIERE

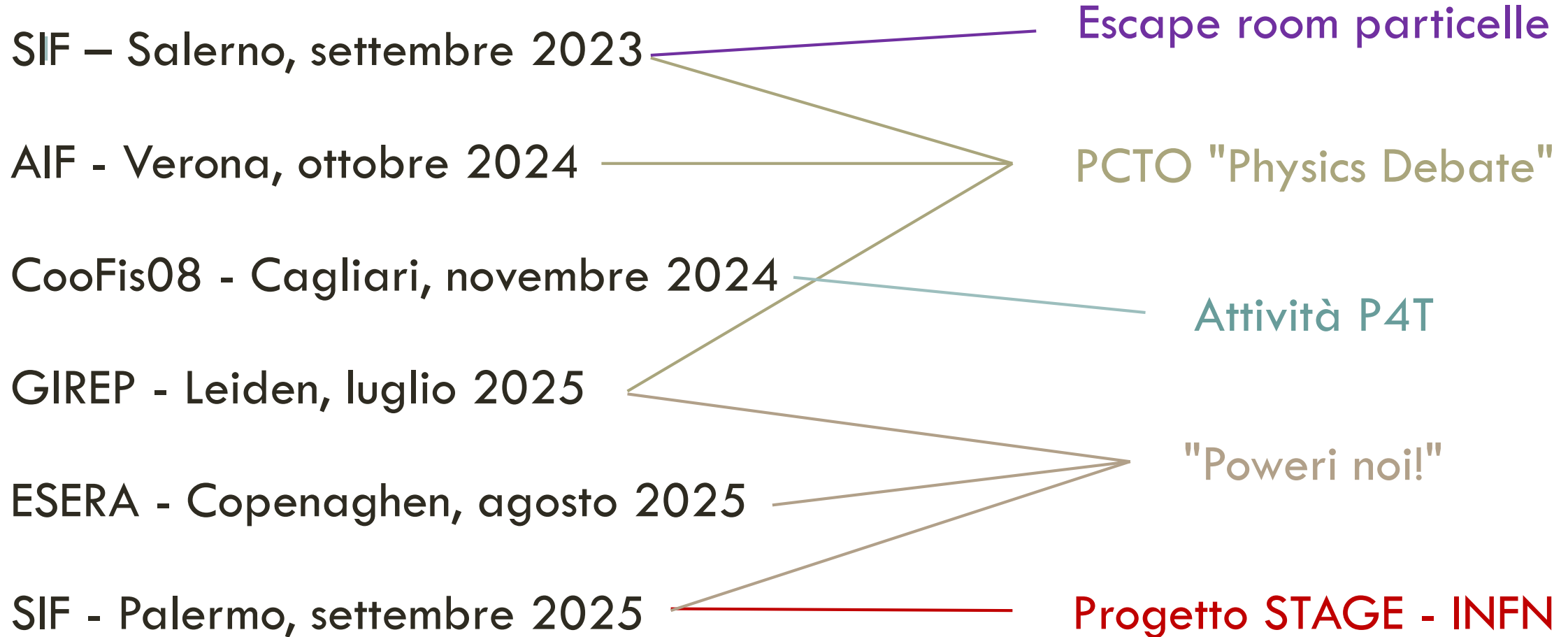
- Festival Scienza – Genova ott21
- BergamoScienza – Bergamo ott22
- BergamoScienza - Bergamo ott24
- Lucca Comics&Games – IMT Lucca nov24
- Fiera Didacta - Firenze mar25
- PlayBO - Bologna apr25
- Festival astronomia – Livorno giu25
- Festival Scienza – Genova ott25
- MantovaScienza – Mantova nov25

INFN CC3M



Referente locale P. Montagna
Progetto STAGE resp. C. Aimè
Progetto GAME resp. L. Zatti
Progetto PID resp. D. Santostasi

PRESENTAZIONI A CONFERENZE



OPEN ACCESS

Phys. Educ. **61** (2026) 015050 (15pp)

PER me si va ne la fisica recente—an educational particle escape room (PER) towards the discovery of the Standard Model of particles

L Zatti^{1,2,*} , C Aimè^{3,4} , A Armanetti⁵ , D Aurelio⁶,
E Budassi^{1,2}, M Pirola^{1,2} , S Restelli¹ , D Santostasi⁷,
S Verdi¹, S Venturini⁸  and P Montagna^{1,2}

A teaching-learning sequence on colour in the context of a motivational stage for high school students

Daniele Aurelio^{1,5} - 0000-0001-5396-8427, Chiara Aimè^{2,3} - 0000-0003-0449-4717, Ettore Budassi^{2,3} - 0009-0001-0999-0878, Massimiliano Malgieri² - 0000-0002-9254-2354, Diego Maragnano² - 0009-0009-8267-6226, Paolo Montagna^{2,3} - 0000-0001-9647-9420, Michele Pirola^{2,3} - 0000-0002-9580-5711, Simone Restelli² - 0000-0002-6105-3734, Davide Santostasi⁴ - 0009-0009-5851-4665, Simone Venturini^{2,3} - 0000-0002-4105-7930 and Luca Zatti² - 0000-0002-1280-9400

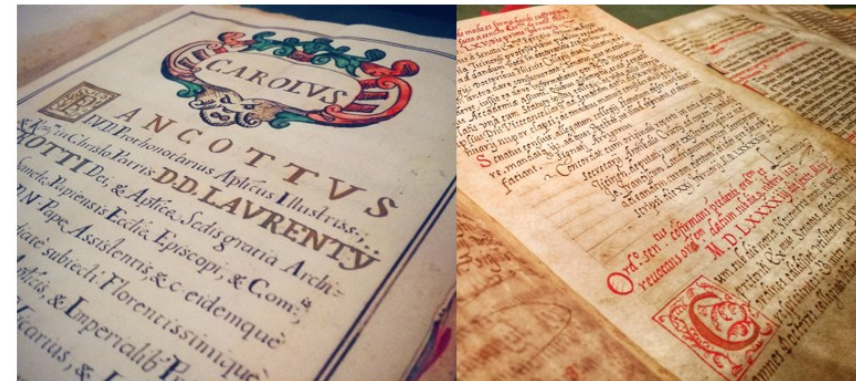
In preparazione:

- Poweri Noi! Watt should we do?
- Physics Debate: un percorso PCTO su energia e clima

RICERCHE IN STORIA DELLA FISICA

Lucio Fregonese

RICERCHE IN STORIA DELLA FISICA: IL RICCO PATRIMONIO A PAVIA



RICERCHE IN STORIA DELLA FISICA: LE LINEE GENERALI

- **Storia dell'Università di Pavia:**
 - Storia generale (output applicativo nella mostra 2025 “Alle origini dell'Università di Pavia: Storia, miti, storia dei miti”)
 - Storia dell'inquadramento della ricerca e dell'insegnamento della Fisica nell'ambito della Facoltà di Filosofia e di Fisica-Matematica nell'Università di Pavia negli ordinamenti, asburgico, napoleonico e della restaurazione
- **Fisica e scienze del Settecento:**
 - Volta come “ganglio” centrale fortemente collegamento con il contesto internazionale delle scienze naturali, della chimica, della fisica
 - Il rapporto critico di Volta con la rivoluzione chimica di Lavoisier
 - Il rapporto critico di Volta con l'elettrostatica di Coulomb (in approfondimento anche per output applicativi: il volt ieri e oggi)
 - Il dibattito con Galvani: elettricità animale vs elettricità di contatto e invenzione della pila
 - Filosofia della materia e radici del concetto voltiano dell'elettricità di contatto tra conduttori (nuova paradossale legge dell'elettricità,)
 - La nozione storiografica di “elettricità animale” (status problematico, anacronismi)

RICERCHE IN STORIA DELLA FISICA: LE LINEE GENERALI

- **Fisica dell'Ottocento:**
 - Il contatto-scontro della fisica italiana con la fisica matematica francese, peculiarità e ritardi della fisica italiana
 - La Fisica nel contesto epistemologico e in relazione alle altre scienze, Fisica, chimica ed elettrofisiologia
 - Unità d'Italia e la costruzione di una nuova fisica nazionale nel contesto internazionale
 - Il ruolo centrale scientifico (fisica, elettrochimica, elettrofisiologia) e politico di Carlo Matteucci
 - La nozione storiografica di “elettricità animale” (*status problematico, anacronismi*)
- **Il confine tra mondo classico e mondo quantistico:**
 - Robert Brown e l'indipendenza dei moti microscopici dalla natura organica o inorganica dei corpuscoli
 - Giovanni Cantoni e l'inizio dell'interpretazione cinetico-molecolare del moto browniano; Einstein 1905
 - Fenomeni di fluttuazione statistica in ambito classico e prequantistico, ipotesi del quanto di luce, fluttuazioni e scattering della luce, l'“invenzione” dell'effetto Raman

RICERCHE IN STORIA DELLA FISICA (BASI E HIGHLIGHTS): FISICA E SCIENZE DEL SETTECENTO

- Fregonese Lucio, 2020. Volta Alessandro. In Dizionario Biografico degli Italiani - ISBN: 978-88-12-00032-6 vol. 100.
- Fregonese, Lucio; Ferraresi, Alessandra, 2015. La Facoltà di Filosofia. In "Almum Studium Papiense". Storia dell'Università di Pavia . Volume 2, Dall'età austriaca alla nuova Italia. Tomo I, L'età austriaca e napoleonica - ISBN: 9788820510770 vol. 2
- Fregonese, Lucio 2015 La pila di Volta. In "Almum Studium Papiense". Storia dell'Università di Pavia . Volume 2, Dall'età austriaca alla nuova Italia. Tomo I, L'età austriaca e napoleonica - ISBN: 9788820510770
- Fregonese Lucio, 2013. Alessandro Volta. In Il contributo italiano alla storia del pensiero, Scienze - ISBN: 9788812000890 vol. Treccani, Ottava appendice
- Fregonese, Lucio, 2013. “Laura Bassi. Emblema e primato nella scienza del Settecento”: un percorso di lettura. DOI: 10.1393/qsf/i2013-10036-0. In Quaderni di storia della fisica (18)
- Fregonese, Lucio, 2008, Recensione di "Viaggio nel paese delle meraviglie: Scienza e curiosità nell'Italia del Settecento", di Paola Bertucci. Torino: Bollati Boringhieri, 2007. In Nuncius
- Fregonese, Lucio 2004 Gli studi recenti sulla chimica di Alessandro Volta. In Atti del X Convegno nazionale di storia e fondamenti della chimica. In Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta Dei XL. Memorie di Scienze Fisiche e Naturali vol. 121, s. 5, v. 27

RICERCHE IN STORIA DELLA FISICA (BASI E HIGHLIGHTS): FISICA E SCIENZE DEL SETTECENTO

- Fregonese Lucio, 2008. Volta Alessandro. In New Dictionary of Scientific Biography - ISBN: 9780684313207 vol. 7
- Fregonese Lucio, 2003. The Spark of Enlightenment. DOI: 10.1038/424999a. In NATURE vol. 424
- Fregonese Lucio; Bevilacqua, Fabio 2000-2003 Nuova Voltiana: Studies on Volta and his Times, Vols. 1-5.
- Fregonese Lucio, 2002. Le pistole ad aria infiammabile e il cammino verso gli eudiometri.. In Gli strumenti di Alessandro Volta: Il Gabinetto di fisica dell'Università di Pavia. - ISBN: 8820329085
- Fregonese Lucio, 2002. Apparecchi per l'infiammazione delle arie ed eudiometri ad aria infiammabile.. In Gli strumenti di Alessandro Volta: Il Gabinetto di fisica dell'Università di Pavia. - ISBN: 8820329085
- Fregonese Lucio 2002. L'elettroforo perpetuo e l'elettricità vindice.. In Gli strumenti di Alessandro Volta: Il Gabinetto di fisica dell'Università di Pavia. - ISBN: 8820329085
- Fregonese Lucio, 2002. Dalle atmosfere elettriche all'invenzione del condensatore.. In Gli strumenti di Alessandro Volta: Il Gabinetto di fisica dell'Università di Pavia. - ISBN: 8820329085
- Fregonese Lucio 2002. La "forza" dell'elettricità, gli elettroscopi e gli elettrometri.. In Gli strumenti di Alessandro Volta: Il Gabinetto di fisica dell'Università di Pavia. - ISBN: 8820329085
- Fregonese Lucio, 2002. L'invenzione della pila.. In Gli strumenti di Alessandro Volta: Il Gabinetto di fisica dell'Università di Pavia. - ISBN: 8820329085
- Fregonese, Lucio 1999 Volta: Teorie ed esperimenti di un filosofo naturale. Le Scienze, Collana I grandi della scienza, vol. 11

RICERCHE IN STORIA DELLA FISICA (BASI E HIGHLIGHTS): FISICA DELL'OTTOCENTO

- Fregonese Lucio, 2024. Il necrologio di Giovanni Cantoni per Carlo Matteucci, sintesi e programma per la fisica della nuova Italia. In DA CARLO CATTANEO A FRANCESCO BRIOSCHI «Il Politecnico» dal 1866 al 1868 - ISBN: 9788835164395. In INCONTRI DI STUDIO Collana dell'Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere
- Fregonese Lucio, 2024. (recensione di) Ileana Chinnici (ed.), 2022. Appunti di un gesuita scienziato. I diari di viaggio di Angelo Secchi S.J. (1860-1875), Firenze, Olschki, xxii+152 pp., with 40 illustrations. In PHYSIS, RIVISTA INTERNAZIONALE DI STORIA DELLA SCIENZA vol. 59
- Fregonese Lucio, 2022. Fisica, scienze, applicazioni all'inizio dell'Unità d'Italia. Temi e posizioni epistemologiche nella rivista «Il Politecnico» (1860-1869). In History of Engineering. Proceedings of the 5th International conference. Storia dell'Ingegneria. Atti del 9° Convegno Nazionale - ISBN: 978-88-86638-94-4 vol. 1
- Fregonese Lucio, 2022. Di volt in Volta. In SIF PRIMA PAGINA
- Fregonese Lucio, 2017. L'insegnamento della Fisica a Pavia durante la Restaurazione. In "Almum Studium Papiense". Storia dell'Università di Pavia . Volume 2, Dall'età austriaca alla nuova Italia. Tomo II, Dalla Restaurazione alla Grande guerra - ISBN: 978-88-205-1091-6 vol. 2 (Tomo II)

RICERCHE IN STORIA DELLA FISICA (BASI E HIGHLIGHTS): FISICA DELL'OTTOCENTO

- Fregonese Lucio, 2017. Giuseppe Belli. In "Almum Studium Papiense". Storia dell'Università di Pavia . Volume 2, Dall'età austriaca alla nuova Italia. Tomo II, Dalla Restaurazione alla Grande guerra - ISBN: 978-88-205-1091-6 vol. 2 (Tomo II)
- Fregonese Lucio 2017. Pietro Configliachi. Un percorso scientifico tra Storia Naturale, Chimica e Fisica. In "Almum Studium Papiense". Storia dell'Università di Pavia . Volume 2, Dall'età austriaca alla nuova Italia. Tomo II, Dalla Restaurazione alla Grande guerra - ISBN: 978-88-205-1091-6 vol. 2 (Tomo II)
- Fregonese Lucio; Ferraresi, Alessandra, 2015. La Facoltà Fisico-matematica. In "Almum Studium Papiense". Storia dell'Università di Pavia . Volume 2, Dall'età austriaca alla nuova Italia. Tomo I, L'età austriaca e napoleonica - ISBN: 9788820510770 vol. 2
- Fregonese Lucio; Ferraresi Alessandra, 2009. Costruire le scienze e le discipline: manuali reali e manuali virtuali all'Università di Pavia nella seconda metà del Settecento. In Dalla pecia all'ebook. Libri per l'università: stampa, editoria, circolazione e lettura - ISBN: 9788849132526
- Fregonese Lucio, 2008. Marianini Stefano. In Dizionario Biografico degli Italiani vol. 70

RICERCHE IN STORIA DELLA FISICA: STORIA DELL'UNIVERSITÀ DI PAVIA

- Fregonese Lucio; Barbieri Ezio, 2012. C'è Lotario e Lotario. In *Almum Studium Papiense. Storia dell'Università di Pavia. Volume I. Dalle origini all'età spagnola. Tomo I Origini e fondazione dello Studium generale* - ISBN: 9788820510275
- Fregonese Lucio, 2012. Eclissi, cosmologia e diagrammi astronomici nell'età di Carlo Magno: I contributi del monaco Dúngal. In *Almum studium Papiense: storia dell'Università di Pavia. Dalle origini all'età spagnola.* - ISBN: 9788820510275 vol. 1
- Fregonese Lucio; Mazzarello Paolo Angelo, 2011. *Pavia e le svolte della scienza* - ISBN: 9788877910288
- *Storia dell'inquadramento della ricerca e dell'insegnamento della Fisica nell'ambito della Facoltà di Filosofia e di Fisica-Matematica nell'Università di Pavia negli ordinamenti, asburgico, napoleonico e della restaurazione (nelle slides precedenti)*

ESEMPIO DI RICERCA, CON RICADUTE 2025 SULLA COMUNICAZIONE INTERDISCIPLINARE DELLA STORIA DI UNIPV



Museo per
la storia
dell'Università
di Pavia

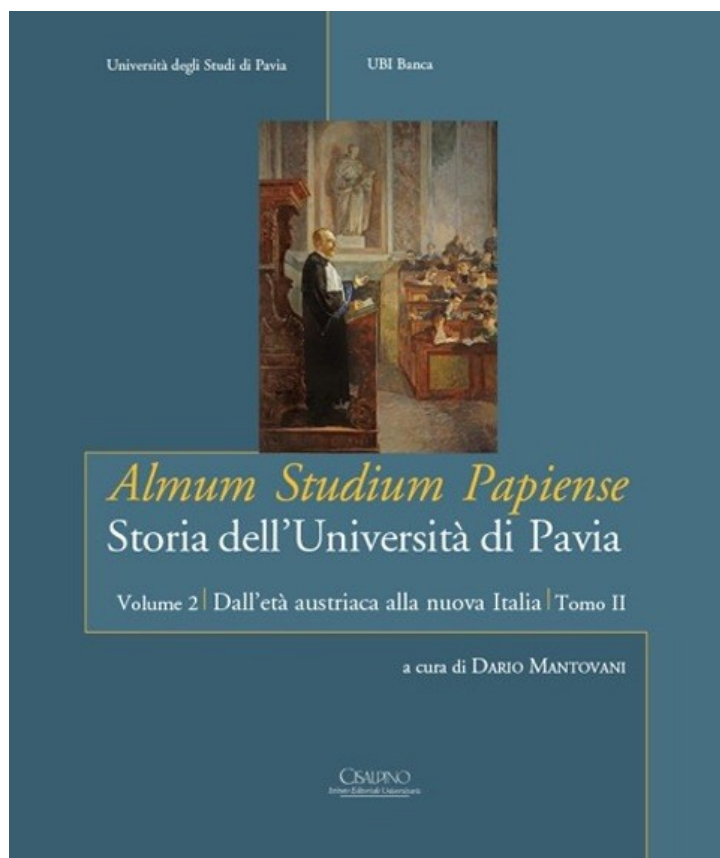


UNIVERSITÀ DI PAVIA
Centro per la Storia
dell'Università di Pavia
CeSUP

ALLE **ORIGINI** DELL'UNIVERSITÀ DI PAVIA: **storia, miti, storia dei** **MITI**

I MITI FONDATIVI UNIVERSITARI ATTINGONO ALLA GRANDE STORIA POLITICA E CULTURALE DI PAVIA, CITTÀ CHE IL LUNGO REGNO LONGOBARDO CONSACRÒ NELLA DIGNITÀ DI "CITTÀ REGIA" E MUNÌ DELLE CREDENZIALI PER IL RUOLO DI CAPITALE GOVERNATIVA E CULTURALE DELLE ENTITÀ POLITICHE CHE SEGUIRONO.

ESEMPIO DI RICERCA: 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»

RICERCA E APPLICAZIONI: IL VOLT IERI E OGGI

Alessandro Volta (1746-1827) is famous today because, among other things, his name appears in the denomination of the standard unit of potential difference, the volt, introduced in 1881 to acknowledge his pioneering efforts to establish consistent, comparable and standardised measurements of electrical "force", which he identified in the notion of electrical tension (T).

The research highlights the fact that such efforts took place when a commonly accepted "standard model" seemed not available to conceptualise electricity and its forces as well as the connections of both with the notions of matter and force as established in the different physical areas of mechanics and gravitation. The problem must thus be correctly approached as an attempt to reconstruct the specific and still heterogeneous conceptual models and programs which Volta and his contemporaries adduced to interpret electricity.

The investigation shows how Volta's wide and complex fundamental theory of electricity was dynamically interrelated not only with instruments and experiments but also with systematic metrological concerns and outputs which he based on his key instrument, the shrapnel electrometer, and on a law for tension $Q = CT$ (Q: quantity, C: capacity) which was to have a close formal analogue in the modern theory of electrostatic potential.

A similar four-level dynamic is identified in the important and nearly contemporary case of Charles-Augustin Coulomb (1736-1806) although with very different components. Later powerfully developed in modern electrostatics, his alternative approach was at the moment still problematic, precisely hindered due to mathematical difficulties, simple behaviour of his key instrument, the torsion balance, and less systematic and applicable metrological concerns.

THE VOLT WHEN THERE WAS NO VOLT

Alessandro Volta's handling of the "force" of electricity and "unison" measurement of electrical tension

Luca Reggiani | Luca Reggiani@unipv.it
Physics Department "A. Volta" and University History Museum | Pavia University

FUNDAMENTAL THEORY

1746-1797

Matter | ponderable, electrically active, microstructure: particles made of point particles
Basic laws | one, indispensable, no microstructure
Basic "force" | fluid-fluid action producing expansive tension, relationship $Q = CT$ between quantity Q, tension T, capacity C of the electrified system
Attractive forces | matter-fluid elementary actions, producing fluid condensation and all known phenomena by summation of elementary contributions

INSTRUMENTS

1797-1806

Basic measurement | linear relationship $T \propto a$ between tension T and angular separation a of the measuring index
Basic instrument | shrapnel electrometer

EXPERIMENTS

1806-1827

Many, consistent behaviour of shrapnel electrometers
Systematic concern: consistency (quantitative measurement of electrical tension with linear electrometers, referred to an absolute unit of tension T, in recognition the volt was entitled to him in 1881)

FUNDAMENTAL PHYSICS

1746-1797

Matter

Basic laws

Basic "force"

Attractive forces

EXPERIMENTAL PHYSICS

1797-1806

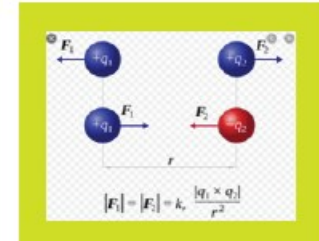
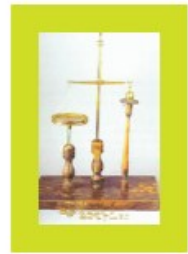
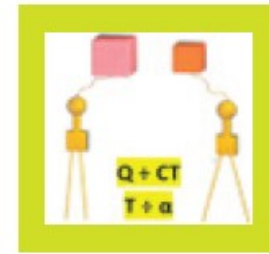
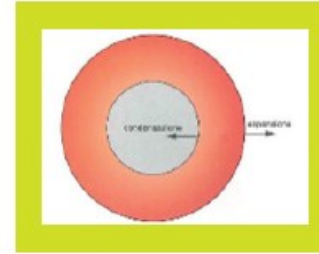
Basic measurement

Basic instrument

The analysis affords many possible applications: grounds for historical-conceptual clarification, parallel with contemporary physics (equally characterised by a fruitful interplay between fundamental physics, experimental physics, instrument design, metrology). Interesting applications can follow in many fields: physics education, physics communication, museum exhibitions and other applications, including the forthcoming bicentennial commemoration of Volta's death in 2027.

Metaphors

Reggiani, Luca: "Volta Alessandro", in *Enciclopedia dell'Enciclopedia Italiana* Vol. 105, pp. 170-175.
Reggiani, Luca: "L'invenzione di Volta ha fatto ad esempio", in *Gli strumenti di Alessandro Volta: il laboratorio di fisica dell'Università di Pavia* edited by Giuliano Bellodi et al., pp. 29-32, Pavia University degli Studi Milano Hoepli 2022.
Reggiani, Luca: "L'analisi del 'volto' e gli 'strumenti'", in "L'invenzione di Volta ha fatto ad esempio", Pavia University degli Studi Milano Hoepli 2022, pp. 109-116.
Gatti, Mario: "Finché della seconda mano", in *Cultura e Scienza* 5 (1984), pp. 235-236.
Mazzoni, Francesco: "Conoscenza di volta ha fatto ad esempio: da modelli teorici alla volta con quali strumenti: dalla fisica-matematica alla costruzione del problema generale dell'elettrostatica", *Atti dell'Accademia dei Lincei* 112 (2002), pp. 255-268.

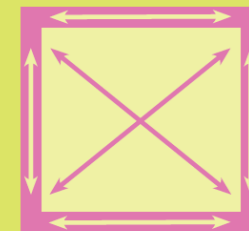


FUNDAMENTAL PHYSICS

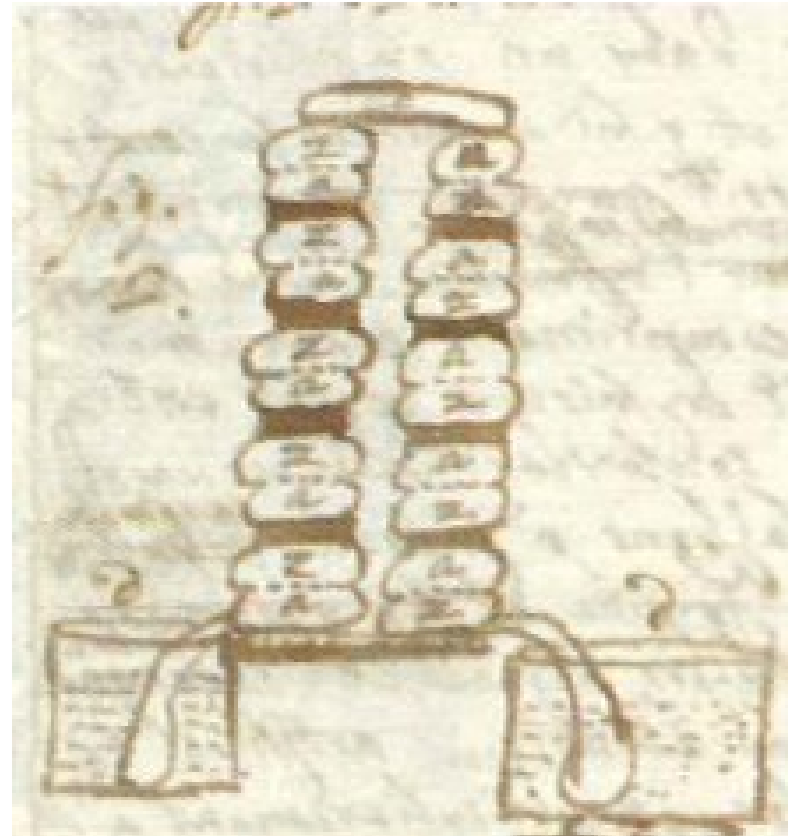
EXPERIMENTAL PHYSICS

METROLOGY

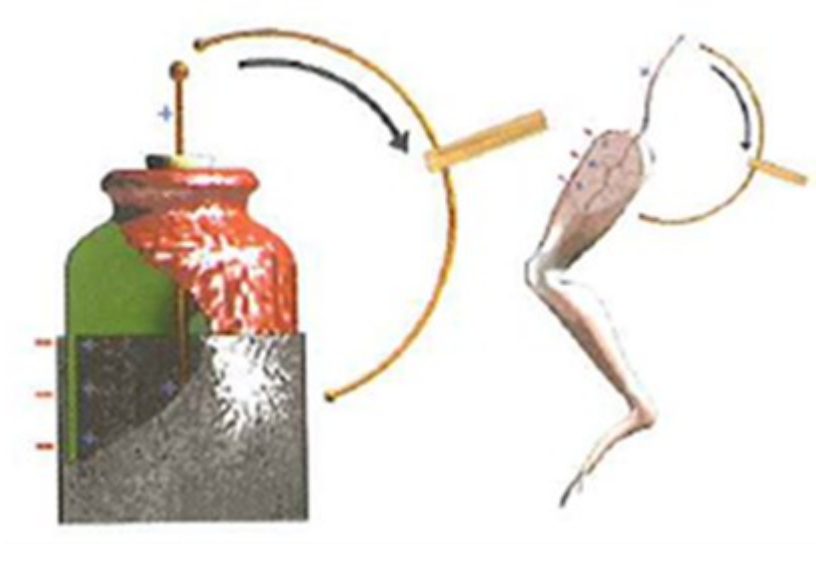
INSTRUMENTS



RICERCA E APPLICAZIONI: NATURALE-ARTIFICIALE NELL'INVENZIONE DELLA PILA



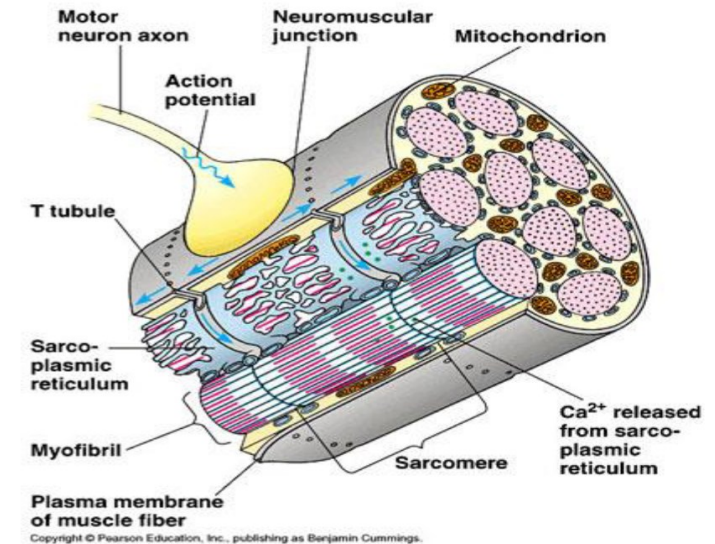
RICERCA E APPLICAZIONI: NATURALE-ARTIFICIALE E UNA PLURALITÀ DI “ELETTRICITÀ ANIMALI”



Galvani



Volta

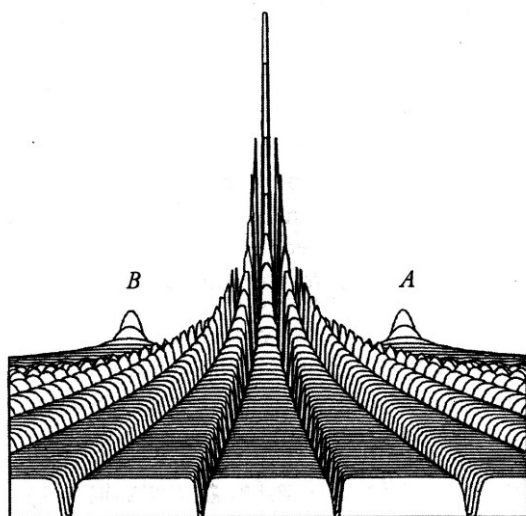


Oggi

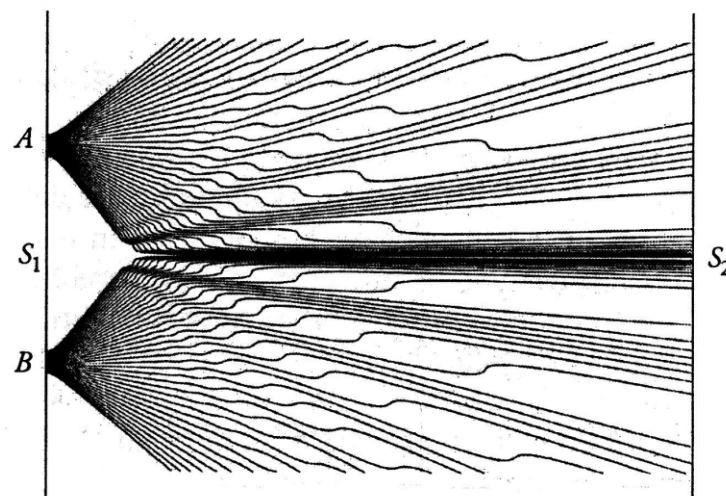
RICERCHE IN FONDAMENTI DELLA FISICA

Gianluca Introzzi

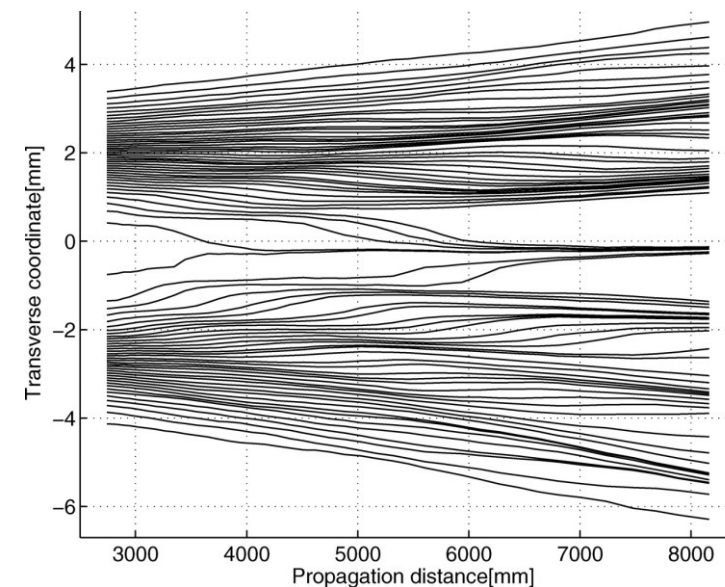
INTERPRETAZIONI DELLA MECCANICA QUANTISTICA



Potenziale quantico di Bohm



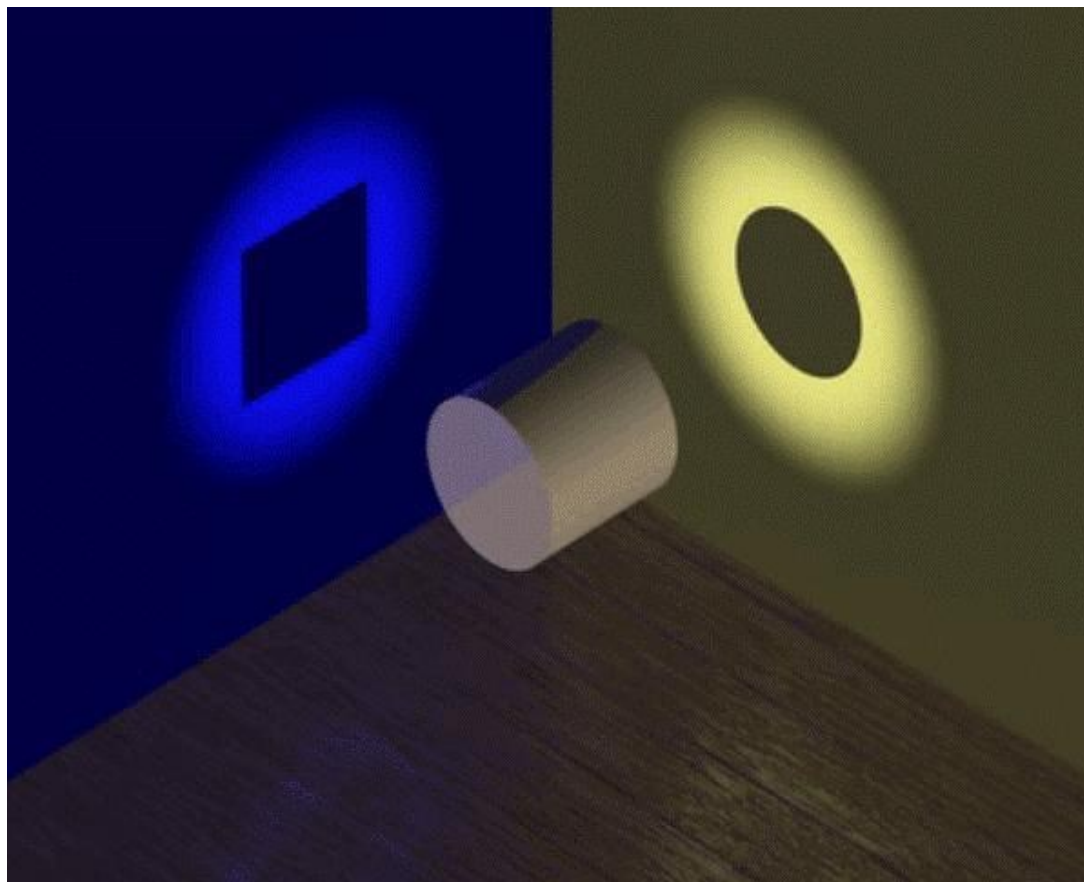
Traiettorie di Bohm



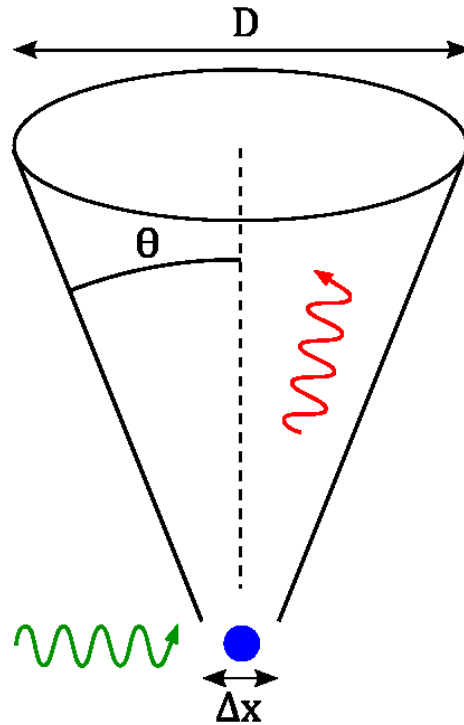
Misura “debole” su fotoni singoli

A.M. Steinberg et al. - Science (2011)

COME IMMAGINARE UN “QUANTONE”



INDETERMINAZIONE ERRORE/DISTURBO DI HEISENBERG: UN PROBLEMA ANCORA APERTO



FONDAMENTI E STORIA DEL DUALISMO ONDA-PARTICELLA

