



**100 anni di meccanica quantistica:  
esperimenti, teorie, discussioni**



24-28 febbraio a Fermo - 10-15 marzo on-line

# ASSOCIAZIONE PER L' INSEGNAMENTO DELLA FISICA

Associazione qualificata come soggetto riconosciuto per la formazione del personale della Scuola (direttiva 170/16)

## Scuola di Storia della Fisica Corso di formazione per docenti

**Fermo**

Istituto Tecnico Tecnologico "G. e M. Montani"

**24 febbraio – 28 febbraio 2025** scuola in presenza  
**10 – 15 marzo 2025** scuola differita on-line

## 100 ANNI DI MECCANICA QUANTISTICA: ESPERIMENTI, TEORIE, DISCUSSIONI

### Direttore del Corso

**Achille Cristallini**, *GSdF, APS "Fisica e Scuola" Bologna*

### Relatori e Coordinatori

**Alfio Briguglia**, *GSdF*

**Biagio Buonauro**, *GSdF*

**Margherita Carcò**, *GSdF*

**Achille Cristallini**, *GSdF, APS "Fisica e Scuola"*

**Andrea Durlo**, *GSdF*

**Giuseppe Giuliani**, *Università di Pavia*

**Francesco Guerra**, *Sapienza Università di Roma*

**Giuseppe Mezzorani**, *Università di Cagliari*

**Fabiano Minni**, *GSdF*

**Amedeo Alberto Poggi**, *GSdF*

**Giulio Pozzi**, *Università di Modena e Reggio Emilia*

**Nadia Robotti**, *Università di Genova*

**Carla Romagnino**, *GSdF, Associazione "ScienzaSocietàScienza" Cagliari*

### Staff organizzativo

Daniela Bosco (GSdF Milano), Achille Cristallini (GSdF Bologna),  
Andrea Gnani (GSdF Bergamo), Fabiano Minni (GSdF Ferrara),  
Elvezio Serena (GSdF Fermo)



**Gruppo Storia della Fisica dell'A.I.F.**



# PRESENTAZIONE DELLA SCUOLA

*Ciò che osserviamo non è la natura in sé, ma la natura sottoposta al nostro metodo di indagine*  
Werner Heisenberg

*E' la teoria che decide cosa possiamo osservare*  
Albert Einstein

Il passaggio tra Ottocento e Novecento è stato caratterizzato dalla lenta sostituzione della concezione continua della “natura delle cose” con una descrizione discreta della materia e della radiazione. Questa transizione è stata innescata da una serie di scoperte inaspettate (raggi X, radioattività naturale, elettrone, raggi gamma) e da conflitti insanabili tra teorie ed esperimenti (natura della radiazione e sua interazione con la materia), motivata dalla proposta di idee rivoluzionarie (quanti di luce, nucleo atomico, dualismo onda-particella, spin dell’elettrone), favorita dall’introduzione di nuovi dispositivi tecnici (tubi di Geissler, rocchetto di Ruhmkorff) e nuovi strumenti di misura (reticolo di diffrazione a riflessione, bolometro, contatori a scintillazione, camera a nebbia, contatore Geiger).

Per illustrare questa straordinaria rivoluzione scientifica e discuterne i contenuti epistemologici e culturali è possibile scegliere tra diversi approcci e itinerari storiografici. Quello che proponiamo con questa Scuola privilegia due problemi fondamentali, che hanno ripetutamente segnato lo sviluppo della fisica quantistica e nei quali si manifesta pienamente quella dialettica teoria-esperimento che è alla base del metodo scientifico.

Nel corso della Scuola saranno esplorate le diverse manifestazioni di quella che (più o meno propriamente) si definisce *dualità onda-particella*, che caratterizza proprietà, comportamenti e interazioni della radiazione e della materia a livello microscopico, partendo dall’ipotesi euristica proposta nel 1905 da Einstein fino agli esperimenti di interferenza a “fotone singolo” e quelli con particelle materiali realizzati nella seconda metà del Novecento e fino ai nostri giorni:

*È un fenomeno che è impossibile, assolutamente impossibile spiegare in modo classico e che sta al cuore della meccanica quantistica. In realtà contiene l’unico mistero. [...] Nel raccontarvelo dovremo raccontarvi le caratteristiche fondamentali di tutta la meccanica quantistica.*

Richard Feynman

Parallelamente, sarà ripercorso l’itinerario, insieme sperimentale e teorico, che dalla scoperta e lo studio degli spettri di emissione/assorbimento discreti ha portato alla costruzione dei primi modelli atomici (Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld) e poi allo sviluppo della fisica atomica quantistica (Schrödinger, Dirac):

*Quando si tratta di atomi, il linguaggio può essere usato solo come nella poesia. Anche il poeta non è tanto interessato a descrivere i fatti quanto a creare immagini.*

Niels Bohr

*I problemi di linguaggio [nella meccanica quantistica] sono davvero seri. Vogliamo parlare in qualche modo della struttura degli atomi. Ma non possiamo parlare di atomi con il linguaggio ordinario.*

Werner Heisenberg

Il fatto che la descrizione dei fenomeni microscopici fornita dalla meccanica quantistica sia di tipo probabilistico e si sviluppi matematicamente in uno spazio astratto riducendo grandemente la possibilità di “visualizzare” i fenomeni studiati, ha dato origine a un vivace dibattito sul suo significato fisico e sulle sue possibili implicazioni epistemologiche e filosofiche. Una discussione che continua tuttora e che ha coinvolto e coinvolge i maggiori scienziati del tempo:

*Non sono un amico della teoria della probabilità, l’ho odiata dal primo momento in cui il nostro caro amico Max Born l’ha partorita. Perché si poteva vedere quanto facile e semplice rendesse tutto, in linea di principio, tutto stirato e i veri problemi nascosti.*

Erwin Schrödinger

# STRUTTURA E FINALITÀ DELLA SCUOLA

La Scuola di Storia della fisica dell'AIF è organizzata dal Gruppo Storia della Fisica ed è diretta dal prof. Achille Cristallini, coordinatore del Gruppo.

La XXII edizione della Scuola si svolgerà in presenza a Fermo dal 24 al 28 febbraio 2025, con lezioni al mattino e lavori dei gruppi di studio nel pomeriggio. Il programma della Scuola si completa con una conferenza pubblica (rivolta soprattutto agli studenti delle scuole superiori) che sarà fruibile solo on-line sia dai corsisti sia dagli istituti scolastici che vorranno assistervi. La Scuola è costituita da 19 ore di lezione (compresa la conferenza pubblica) e 11 ore di lavori dei gruppi di studio.

La Scuola in presenza potrà essere seguita sia in **forma residenziale** sia in forma non residenziale. La Scuola differita on-line è invece costituita dalla trasmissione on-line delle lezioni registrate della Scuola in presenza ed è realizzata in orario pomeridiano nella settimana 10 – 16 marzo. **La Scuola differita prevede la fruibilità dei gruppi di lavoro in sessione registrata.** I corsisti che perdono qualche lezione della Scuola in presenza potranno recuperarla assistendo alla Scuola differita on-line.

Tutte le attività on-line saranno realizzate attraverso la connessione dei corsisti a una piattaforma di comunicazione messa a disposizione da un'istituzione scolastica con garanzia di privacy e sicurezza. Ai corsisti saranno fornite le credenziali necessarie per accedere a tale piattaforma, sulla quale saranno pubblicate anche le notizie e le comunicazioni di servizio della Scuola.

Scopo della Scuola è rendere possibile agli insegnanti la riflessione sullo sviluppo storico della fisica, mettendo l'accento sugli aspetti culturali della disciplina e sul valore didattico della storia della fisica nell'insegnamento della fisica.

La Scuola è rivolta agli insegnanti di fisica e di matematica delle scuole secondarie, agli studenti universitari e ai dottorandi interessati e, più in generale, ai cultori delle discipline scientifiche. Nelle lezioni e nei gruppi di studio saranno coinvolti docenti universitari e docenti di scuola secondaria. Gli obiettivi della Scuola sono:

- ampliare le conoscenze storiche sullo sviluppo delle teorie fisiche
- favorire la capacità di riconoscere e valutare il valore culturale e sociale della scienza nella sua dimensione storica
- analizzare le caratteristiche di una ricerca storica: fonti, indicazioni bibliografiche, contesto sociale e culturale di riferimento, tipologie
- fornire un'ampia bibliografia di fonti primarie e secondarie
- offrire una panoramica dei materiali didattici disponibili

Le attività della Scuola si baseranno su:

- relazioni (tenute da docenti universitari e di scuola secondaria di II grado)
- lavori di gruppo
- lettura di brani di memorie originali o di classici della scienza
- test di ingresso a carattere informativo
- test di valutazione delle competenze acquisite
- questionario finale di gradimento del corso.

## LEZIONI

- 1) «*Hie Wellen, hie Quanten!*» Diffrazione e interferenza della luce e meccanica quantistica. (**Achille Cristallini**, GSdF e APS "Fisica e Scuola" Bologna)
- 2) Effetto Doppler: storia e sue applicazioni in quantistica e astrofisica. (**Margherita Carcò**, GSdF)
- 3) Svelare il comportamento degli elettroni al microscopio elettronico. (**Giulio Pozzi**, Università di Modena e Reggio Emilia)
- 5) Esperimento di Franck & Hertz (1914); evidenze sperimentali sulla discretezza dei livelli di energia degli elettroni atomici. (**Giuseppe Mezzorani**, Università di Cagliari)
- 6) Niels Bohr: cronache di un elettrone. (**Andrea Durlo**, GSdF)
- 7) Le condizioni di quantizzazione di Sommerfeld e il problema della "struttura fine" delle righe emesse dall'atomo di idrogeno: 1915-1916. (**Nadia Robotti**, Università di Genova e Centro di ricerche Enrico Fermi)
- 8) L'atomo di idrogeno di Schrödinger: 1926-1927. (**Giuseppe Mezzorani**, Università di Cagliari)
- 9) Il cosiddetto "principio di indeterminazione". (**Fabiano Minni**, GSdF)
- 10) Verso la meccanica quantistica relativistica e la teoria quantistica dei campi. Il contributo di P.A.M. Dirac. (**Francesco Guerra**, La Sapienza Università di Roma)
- 11) La riga  $H_{\alpha}$  dell'atomo di idrogeno. Un caso esemplare di interazione teoria-esperimento. Dal doppietto osservato da Michelson (1892) alla struttura svelata con la spettrografia di saturazione (1972). (**Giuseppe Giuliani**, Università di Pavia)

## CONFERENZA PUBBLICA (on-line)

- 4) L'ipotesi euristica dei quanti di luce: Einstein 1905. (**Carla Romagnino**, GSdF e Associazione "ScienzaSocietàScienza" Cagliari)

## GRUPPI DI LAVORO

Bohr, Einstein, Bell e il dibattito sulla completezza della MQ. L'esperimento mentale EPR e la disuguaglianza di Bell: un caso di "metafisica sperimentale"?

(**Alfio Briguglia**, GSdF)

La luce: fisica, storia, epistemologia.

(**Biagio Buonauro**, GSdF)

Riusciranno i gatti di Schrödinger a catturare qualche topo? Dalla meccanica ondulatoria al paradosso più famoso della fisica moderna, sulle tracce di uno dei padri della prima meccanica quantistica.

(**Alberto Poggi**, GSdF)

# CALENDARIO DELLA SCUOLA

## Scuola in presenza (24 – 28 febbraio 2025)

### Lunedì 24 febbraio

ore 8:30 – 12:30 (lezioni 1-2) e ore 15:00 – 18:00 (gruppi di studio)

### Martedì 25 febbraio

ore 9:00 – 10:30 (lezione 3); ore 11:00 - Conferenza pubblica on-line (4)  
ore 15:00 – 18:00 (gruppi di studio)

### Mercoledì 26 febbraio

ore 9:00 – 12:30 (lezioni 5-6) e ore 15:00 – 18:00 (gruppi di studio)

### Giovedì 27 febbraio

ore 9:00 – 12:30 (lezioni 7-8)  
ore 15:00 – 16:30 (lezione 9) e ore 17:00 – 18:00 (gruppi di studio)

### Venerdì 28 febbraio

ore 9:00 – 12:30 (lezioni 10-11) e ore 15:00 – 17:00 (gruppi di lavoro)

Giorni	Data	Lezioni (ore)	Lavori di gruppo (ore)	Totale ore
Lunedì	24/02/2025	4	3	7
Martedì	25/02/2025	3,5	3	6,5
Mercoledì	26/02/2025	3	3	6
Giovedì	27/02/2025	4,5	1	5,5
Venerdì	28/02/2025	3	2	5
Totale ore		18	12	30

## Scuola differita on-line (10 – 15 marzo 2025)

Lunedì 10 marzo, ore 16:00 – 19:15 (registrazione delle lezioni 1-2)

Martedì 11 marzo, ore 16:00 – 19:15 (registrazione delle lezioni 3-4)

Mercoledì 12 marzo, ore 16:00 – 19:15 (registrazione delle lezioni 5-6)

Giovedì 13 marzo, ore 16:00 – 19:15 (registrazione delle lezioni 7-8)

Venerdì 14 marzo, ore 16:00 – 19:15 (registrazione delle lezioni 9-10)

Sabato 15 marzo, ore 16:00 – 18:00 (registrazione della conferenza pubblica)

Giorni	Data	Lezioni (ore)	Lavori di gruppo (ore)	Totale ore
Lunedì	10/03/2025	3		3
Martedì	11/03/2025	3		3
Mercoledì	12/03/2025	3		3
Giovedì	13/03/2025	3		3
Venerdì	14/03/2025	3		3
Sabato	15/03/2025	2		2
Totale ore		17		17

## CERTIFICAZIONE DELLE COMPETENZE

I corsisti iscritti anche attraverso la piattaforma SOFIA e interessati a ottenere, oltre all'attestato di presenza, una certificazione delle competenze acquisite, saranno invitati a sostenere un test di uscita a risposte chiuse sugli argomenti affrontati nei gruppi di lavoro pomeridiani.

Per ottenere l'accesso al test di uscita è necessario avere l'80% di presenza (24 ore tra lezioni e gruppi di lavoro) sul totale della scuola.

Le presenze sono attestate a cura dell'organizzazione attraverso la registrazione delle attività svolte nella Scuola in presenza e nella Scuola differita. I corsisti devono tenere conto che le attività dei gruppi di lavoro si svolgeranno soltanto nella settimana della Scuola in presenza.

I corsisti iscritti alla Scuola differita e interessati ai gruppi di lavoro potranno seguirli on-line su richiesta nella settimana della Scuola in presenza.

La conferenza pubblica (parte integrante della Scuola di Storia della fisica) potrà essere seguita nella settimana della Scuola in presenza (su richiesta) oppure in forma registrata nella Scuola differita.

## SEDE DELLA SCUOLA

Tutte le attività in presenza della Scuola si svolgeranno dal 24 al 28 febbraio 2025 presso l'**Istituto Tecnico Tecnologico "G. e M. Montani"**, Corso Marconi 35, 63900 **Fermo** (FM); Aula magna del biennio: Via Enrico Bellesi 22.

Tel.: 0734622632

mail: [APTF010002@istruzione.it](mailto:APTF010002@istruzione.it)

sito web: <https://www.istitutomontani.edu.it/web/>

L'accesso alle aule delle lezioni e dei gruppi di studio sarà consentito solo agli iscritti.

I corsisti tengano presente che le lezioni e i lavori di gruppo saranno registrati; chi, partecipando on-line, non intende apparire nelle registrazioni dovrà avere cura di disattivare la propria webcam, in caso contrario l'utilizzo delle registrazioni audio-video deve ritenersi autorizzato ai sensi del Regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR- Regolamento 2016/679).

## COSTO DELLA SCUOLA

La partecipazione alla Scuola di Storia della fisica è riservata ai soci dell'AIF. Per iscriversi alla Scuola è necessario essere in regola con il pagamento della quota sociale (€ 50) per l'anno 2025. Coloro, che sono interessati alla Scuola ma non sono iscritti all'AIF, possono associarsi accedendo al sito web dell'AIF (<https://www.aif.it>) e seguendo le istruzioni esposte nel link **Iscriviti**. L'as-

sociazione all'AIF ha carattere annuale e non si rinnova automaticamente. Essa consente l'accesso a tutti i materiali didattici conservati sul sito web dell'AIF e in particolare a quelli prodotti dalle precedenti Scuole di Storia della fisica. I soci ricevono a domicilio la rivista *La Fisica nella Scuola*, i suoi *Quaderni* e i numeri speciali, che possono essere anche visualizzati e scaricati dal sito web dell'AIF.

La Scuola di Storia della fisica in presenza e in forma residenziale ha un costo di iscrizione di **€ 450,00**.

La Scuola di Storia della fisica in presenza in forma non residenziale e la Scuola differita on-line hanno entrambe un costo di iscrizione di **€ 60,00**.

Le iscrizioni e il pagamento dovranno essere effettuate unicamente attraverso il sito web dell'AIF, nel periodo **1° dicembre 2024 – 19 gennaio 2025**.

Tutte le informazioni relative alle modalità di iscrizione e pagamento (compreso l'uso della Carta del Docente) si troveranno sul sito web dell'AIF nel link **Notizie** alla voce **Scuola di Storia della fisica 2025**. In tale pagina sono indicate anche le istruzioni per l'iscrizione dei corsisti sulla piattaforma SOFIA.

## CONTATTI

Mail G.S.d.F.: [aif.storia@aif-fisica.org](mailto:aif.storia@aif-fisica.org)

Sito web A.I.F.: <https://aif.it/>

Sito web G.S.d.F.: <https://www.lfns.it/STORIA>