

**IV Congresso CooFis08
(Milano, 11-13 dicembre 2025)**

Book of Abstracts

Giovedì 11 dicembre

14:30-15:10 Keynote speaker

How to properly speak quantish

Jean-Marc Lévy-Leblond¹

¹ Université de Nice

One of the tenets of the conventional view on quantum physics, put forward with considerable insistence by Bohr, is that all statements referring to the quantum world ought to be ultimately couched in classical language, in order to make sense with respect to our common experience. It will be argued that such a requirement, although it certainly had a liberating effect on the emergence of quantum theory, can no longer be accepted at face value to-day. A century of quantum practice, both experimental and theoretical, has led to a new awareness of the quantum world and a genuine intuition of quantum behaviour, the expression, development and diffusion is seriously hampered by the lack of an adequate and specific terminology. Textbooks and popularization papers still use misleading expressions such as “uncertainty principle”, “complementarity”, “wave-particle duality”, “indeterminism”, “interpretation”, etc. This delay finds its deep roots in the changes of scientific practice during the twentieth century (specialization and separation of tasks). It has had devastating effects on the conceptual understanding of quantum physics, and especially on its teaching. It is all the more necessary to exert a voluntary terminological activity, and to establish new ways of speaking for no-longer-so-new ways of thinking. Some proposals in this direction will be discussed.

15:10-15:30 Sessione aperta (15'+5')

Educating to quantum physics with compensative languages: engagement and beauty at (quantum) play

M. Chiofalo¹

¹ Department of Physics “Enrico Fermi”, University of Pisa and INFN-Pisa, Largo B. Pontecorvo 3, 56126 Pisa

Theoretical understanding and experimental control over quantum matter is driving a scientific revolution expected to reshape our lives, economy and job market. Yet, public is exposed to shallow or hyped information and schools rarely teach modern physics early enough. Even university students should be better prepared for the quantum workforce with conceptual, practical, interdisciplinary education. Common to all is the unique teaching/learning quantum physics educational challenge of mastering creativity, experimental, and math literacies to rigorously connect reality and our interpretation of it. In this talk, I will first elaborate on our more recent physics education research collaborative efforts within EU-funded projects. After discussing the *Culturo-Scientific Storytelling* theoretical framework, I will focus on quantum games, conceptual digital labs, and art-science interactive tools to engage diverse learners from non-formal lower-grade to formal higher-grade education and teachers' professional development. I will present cases where the abstraction of art languages works to express essential quantum physics concepts, useful in outreach to compensate for limited mathematical literacy and in higher-instruction degrees to inform intuition before entering technicalities.

16:00-17:45 Tavola rotonda sugli approcci didattici alla meccanica quantistica

Relatori: M. Bondani, M. Chiofalo, M. Giliberti, M. Malgieri, M. Michelini, S. Satanassi.

17:45-19:00 Sessione riservata CooFis08 (20'+5')

Le condizioni di quantizzazione di Sommerfeld: 1915-1925

N. Robotti^{1,2}, M. Leone^{2,3}, F. Monti^{2,4}

¹ Università di Genova

² Centro di Ricerche Enrico Fermi (CREF)

³ Università di Torino

⁴ Università di Verona

Si mostra come il passaggio dal modello a orbite circolari (Bohr 1913) a quello a orbite ellittiche (Sommerfeld 1915) per l'atomo di idrogeno sia stato dettato da problemi interpretativi di "h", che portarono A. Sommerfeld all'introduzione delle condizioni di quantizzazione, chiamate poi "integrali di fase". Indipendentemente, anche W. Wilson e J. Ishiwara erano giunti alle stesse condizioni, con la differenza che Sommerfeld ne aveva dimostrato la validità e le aveva poi applicate al caso dell'idrogeno, riuscendo a spiegarne la struttura fine. Le stesse condizioni, con P.S. Epstein e K. Schwarzschild, e con lo stesso Sommerfeld e P. Debye, riuscivano anche a rendere conto dell'effetto Stark e dell'effetto Zeeman, finendo per rappresentare una sfida per la nuova meccanica quantistica che stava nascendo: il doppietto dell'idrogeno, l'effetto Zeeman e l'effetto Stark diventarono, di fatto, il terreno di prova per la nuova teoria. Mostriamo anche come, nei percorsi didattici tradizionali, il contributo di Sommerfeld venga in realtà marginalizzato, facendone perdere il suo aggancio concettuale più profondo, cioè quello di avere formalizzato in maniera elegante e generale il ruolo di "h" come quanto di azione, e di avere così rivestito un ruolo centrale nell'ambito dello sviluppo della meccanica quantistica semiclassica.

The Non-Relativistic Nature of Spin in Quantum Mechanics: A Historical and Pedagogical Perspective

M. Giliberti¹, L. Lovisetti¹

¹ Department of Physics "Aldo Pontremoli", University of Milan

Conventional methods for teaching spin generally follow four main approaches. The first introduces spin into the Schrödinger equation artificially, leaving its physical meaning unclear. The second connects spin to the representation of the rotation group, which clarifies its nature but requires knowledge of group theory. The third approach derives from field theory, separating angular momentum into orbital and intrinsic parts, the latter corresponding to spin; however, this cannot be done within quantum mechanics alone. The fourth derives electron spin from Dirac's 1928 relativistic equation, which, though correct, has led to the misconception that spin is a purely relativistic effect. A detailed analysis of Dirac's 1928 papers shows that the concept of spin arises from the need to construct an equation linear in both energy and momentum to preserve Born's probabilistic interpretation. This linearization of the Klein-Gordon equation reveals that spin is conceptually independent of relativity. Historical and pedagogical perspectives can together clarify conceptual difficulties and promote a deeper understanding of fundamental ideas in physics. Drawing on selected passages from Dirac's original work, the present discussion offers an elementary treatment that introduces the notion of spin with minimal mathematical requirements.

Alchemy, in our time

A. La Rana¹

¹ Sapienza University of Rome

This contribution presents a historical and educational reflection on *Alchimia del tempo nostro*, co-authored by Ginestra Amaldi and Laura Fermi. First published in 1936 and expanded in 1943, it was

the first Italian book aimed at explaining the emerging field of nuclear physics to a general audience. The two editions, separated by war and by the authors' lives in opposing countries, embody both the scientific and human dimensions of a turbulent historical period. Based on archival research at the Hoepli publishing house, this study reconstructs the book's editorial story and highlights its enduring relevance. From the perspective of physics education, in our time *Alchimia* stands out for its exceptional clarity and its ability to convey the experimental path that led to the birth of nuclear physics. As the first attempt to bridge the gap between specialized scientific papers and non-expert readers, it enables immersion in the questions and uncertainties that accompanied early nuclear research. This distinctive approach offers valuable metacognitive opportunities for teacher education, fostering reflection on how scientific knowledge is built and communicated. Finally, the story of the book and its authors invites interdisciplinary connections—with history, gender studies, ethics, and intellectual engagement—offering a special perspective on the cultural dimensions of physics.

Venerdì 12 dicembre

9:00-11:30 Sessione riservata CooFis08 (20'+5')

An action-research cooperation for a research based pre-service physics teacher education

I. De Angelis¹, E. Angeli², V. Bologna³, M. Carli⁴, D. Catena⁵, M.L. Chiofalo⁶, I. D'Acunto⁷, L. D'Alfonso⁸, A. De Angelis⁵, R. De Luca⁷, D. Di Martino⁸, F. Longo³, E. Mariotti⁹, D. Marocchi¹⁰, I. Marzoli¹¹, M. Michelini⁵, V. Montalbano⁹, G. Pastore³, F. Telesio²

¹ Università di Roma Tre,

² Università di Genova,

³ Università di Trieste,

⁴ Università di Padova,

⁵ Università di Udine,

⁶ Università di Pisa,

⁷ Università di Salerno,

⁸ Università di Milano Bicocca,

⁹ Università di Siena,

¹⁰ Università di Torino,

¹¹ Università di Camerino

In Italy, only 16 credits out of 60 total credits are allocated for physics education in pre-service secondary school teachers' training. The limited coordination with general pedagogical education raises open problems regarding the effective development of teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK). A community of over 20 participants in the PLS-Physics Project developed an action-research program designed as an effective catalyst for both conceptual and methodological reflection. The research involved several key phases: 1) the review and discussion of Concept Inventories (CIs); 2) the choice of common physics topics in lower and upper secondary curricula (fluids in equilibrium, thermal phenomena, and optics); 3) the peer review and adaptation of CI items to a multiple-choice format. Crucially, the implementation protocol requires prospective teachers to: A) describe the student reasoning underlying each choice for every item; B) engage in possible discussion of individual answers in small groups and then in plenary sessions; and C) propose how to produce conceptual change toward the correct physical interpretation for each identified reasoning. The work carried out, including the ongoing development of the data analysis protocol, is already a model of cooperation between researchers and teacher educators, providing a robust, research-based framework for pre-service PCK development.

Physics education research in teacher education: a case study analysis of conceptual needs for the development of active learning in school

V. Bologna¹, M. Carli², D. Catena³, L. D'Alfonso⁴, I. De Angelis⁵, F. Longo¹, D. Marocchi⁶, M. Michelini³

¹ Università di Trieste

² Università di Padova

³ Università di Udine

⁴ Università di Milano Bicocca

⁵ Università di Roma Tre

⁶ Università di Torino

Pre-service teacher education in Italy is limited to 60 credits, including 16 credits for physics education that are often poorly coordinated with pedagogical education, often too general. We contributed to the development of Pedagogical Content Knowledge (PCK) in future physics teachers by creating a Research-Action Protocol centered on conceptual diagnostic tools. This protocol emphasizes reflecting on students' reasoning to promote active learning and foster conceptual change, based on research. Our goal is to create a process for the development of the teacher's professional dimension in rethinking the conceptual aspects of physics, starting from the students' ideas. Our analysis focuses on the way in which future physics teachers look at students' reasoning, identify the related conceptual bases, common sense interpretations, and the students' needs in specific physics domains. Responses were categorized by type (e.g., descriptive, argumentative) and conceptual referent to map prospective teacher perspectives and attitudes. A fine-grained analysis of the argumentative responses offers a deeper understanding of the underlying reasoning processes used. Results confirm that future teachers need a deep conceptual foundation to address complex student reasoning difficulties effectively and highlight the urgent need to include PCK education focused on the identified conceptual referents and student reasoning.

Fostering Interdisciplinary Mathematics-Physics Teaching through Teacher Learning

S. Lippiello^{1,2}, O. Pantano¹, M. Carli¹

¹ Dipartimento di Matematica e Fisica, Università di Padova

² Liceo Scientifico Jacopo da Ponte, Bassano del Grappa

This contribution presents the design and implementation of teacher education initiatives supporting the adoption of interdisciplinary practices in mathematics and physics teaching. The programs followed a Teacher Learning Community (TLC) approach featuring collaborative design and classroom experimentation. The study examined how participation in a TLC centered on the structural role of mathematics in physics and on interdisciplinarity can influence teachers' practices and students' learning. The research used a two-tiered design, with a pilot initiative followed by a broader implementation. In Year 1, the pilot "FisicaMente al Liceo" worked with a small cohort of Licei Matematici teachers, focusing on the structural role of mathematics in physics. In Year 2, "Let's Interplay!" broadened both participation and scope, and strengthened interdisciplinary perspectives and practices in collaboration with the Departments of Mathematics and Statistical Sciences. Instructional materials, developed by combining complementary theoretical frameworks, were discussed and trialed in monthly meetings prior to classroom implementation. Using a design-based methodology, we coupled co-design of materials with reflective analysis of student data. Data sources included student pre-post tests, teacher interviews, focus groups, and questionnaires. The results offer insights into the design of interdisciplinary resources and into the potential of research-anchored TLCs to support teachers' professional growth.

Termodinamica à la Carathéodory e lo spirito geometrico-assiomatico nelle scienze del primo Novecento

P. Sapia¹, L. Dell'Aglio¹

¹ Dipartimento di Matematica e Informatica, Università della Calabria,

All'inizio del Novecento un ampio movimento di geometrizzazione e assiomatizzazione investe le scienze, trovando uno snodo nei lavori di Constantin Carathéodory, sullo sfondo delle "Grundlagen der Geometrie" di Hilbert (1899), che forniscono un modello di rigore assiomatico a cui Carathéodory

guarda direttamente. Nello stesso periodo in cui Einstein elabora la rilettura della gravitazione in chiave geometrica, Carathéodory (1909) propone per la termodinamica un'analoga via "geometrico-assiomatica" basata sulle forme di Pfaff e sul concetto di inaccessibilità adiabatica locale. In questa cornice, la sua termodinamica è costruita come estensione della matematica: l'uso di Pfaffiani e integratori rende $\delta Q/T$ un differenziale esatto e fonda S e T come funzioni di stato. In effetti la formulazione della termodinamica alla Carathéodory recepisce entrambi gli aspetti del citato spirito novecentesco: sul lato geometrico, il linguaggio di contatto (potenziali, varietà) offre una formulazione intrinsecamente geometrica dell'equilibrio; sul lato assiomatico, si chiarisce il rapporto con Kelvin–Clausius (riconciliazione concettuale) e si mette a fuoco l'ambiguità di verso che richiede un ancoraggio empirico. Fuori dalla fisica, lo stesso Carathéodory contribuisce alla assiomatizzazione della misura e dell'integrale (Mass und Integral und ihre Algebraisierung), esempio emblematico della stagione assiomatica che incrocia matematica pura e fisica matematica.

The first thematic teaching kit for electromagnetism (1825): Leopoldo Nobili's "electromagnetic case" between research, teaching, and the scientific instrument trade

R. Mantovani¹

¹ Gabinetto di Fisica: Museo Urbinate della Scienza e della Tecnica, Università di Urbino Carlo Bo

In 1825, five years after Ørsted, Leopoldo Nobili distilled the emerging science of electromagnetism into a pocket laboratory housed in a mahogany case: the astuccio elettro-magnetico ("electromagnetic case"). Sixteen principal, miniaturised components—later up to twenty—replicated experiments by Ørsted, Ampère, Davy, Faraday, Barlow, and De la Rive (e.g., rotating conductors in mercury, Barlow's wheel, a floating coil and floating magnets). An accompanying booklet, signed "Reggio, 2 January 1825" and addressed to the Amatori delle Scienze Fisiche, codified experimental protocols for weak currents (a single Wollaston cell; 20–24 sq in active surface), the sequence of experiments, the use of annealed wires, and the employment of mercury both as a conducting contact and as a tracer of motion. Built by instrument maker Gaetano Rughi and sold for 50 francs, the case enabled advanced effects to be reproduced on the tabletop, making them accessible to non-specialist audiences. The talk argues that, taken together, the booklet and the instrument set constitute the earliest documented thematic teaching kit devoted to electromagnetism; it reconstructs the kit's composition and use, clarifies its production and price point, and situates Nobili's design at the intersection of research practice, classroom demonstration, and the scientific instrument trade in the 1820s.

Da Zenone ad Einstein: riflessione sul concetto di tempo spiegato a scuola

E. Benedetto^{1,3}, I. D'Acunto Immacolata^{1,4}, R. De Luca Roberto², V. Lamberti^{1,2}

¹ Scuola di Alta Formazione per gli Insegnanti, Università degli Studi di Salerno,

² Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Salerno

³ Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Salerno

⁴ Dipartimento di Scienze Umanistiche, Filosofiche e della Formazione, Università degli Studi di Salerno

In questo lavoro, per supportare l'insegnamento del concetto di tempo in fisica nella scuola secondaria di II grado, presentiamo alcuni esempi didattici su come il tempo e la simultaneità vengano percepiti e misurati nella meccanica classica e in quella relativistica. Partendo dal paradosso di Zenone come utile strumento di riflessione critica, ripercorriamo brevemente l'evoluzione storica del concetto di tempo, da sempre oggetto di riflessione filosofica e scientifica. Ci soffermiamo successivamente sulla descrizione della dilatazione del tempo presente nel ben noto paradosso dei gemelli, comunemente trattato nei testi scolastici, facendo notare come spesso il concetto di desincronizzazione sia trascurato e su come si possa ovviare a possibili errate interpretazioni. Nella seconda parte presentiamo uno stratagemma didattico che consente di dedurre le formule esatte della dilatazione del tempo nella relatività generale. Sebbene in questo ambito non emergano problematiche di simmetria tali da generare paradossi, le deduzioni

matematiche relative alle dilatazioni temporali risultano normalmente inaccessibili a un livello pre-universitario. Attraverso il solo uso della fisica newtoniana, delle trasformazioni di Lorentz e del principio di equivalenza, proponiamo un metodo utile ai docenti per far comprendere la natura del tempo nell'ambito della relatività generale formalmente accessibile agli studenti, senza rinunciare al rigore concettuale.

11:50-13:30 Sessione riservata CooFis08 (20'+5')

Il contesto culturale, le differenze di genere e il ruolo delle minoranze nell'educazione scientifica e matematica

G. Artiano¹, E. Balzano¹, A. Liccardo¹

¹ Università degli Studi di Napoli Federico II

E' prevalente un'idea di scienza e di progresso legati al dominio sulla natura. Assumendo il paradigma dell'oggettività la scienza non viene vista come un'impresa umana profondamente influenzata dal contesto sociale ed economico con un ruolo cruciale i contributi degli scienziati, per il loro genere, i loro interessi e le proprie visioni del mondo. Questa visione dominante nella "epistemologia" degli insegnanti e dei materiali didattici condiziona fortemente l'insegnamento trasmettendo l'idea di poter trascendere dai vincoli della condizione umana e dalle interazioni che come viventi stabiliamo con gli altri e con l'ambiente naturale e sociale. Ciò costituisce uno degli ostacoli che allontanano dalle "discipline dure" ragazze e ragazzi potenzialmente interessati alle tematiche che oggi sono centrali nella ricerca scientifica. Lavoriamo da anni, anche in progetti internazionali (TRACES) per studiare come l'attenzione ai contesti con le diversità culturali e sociali possa aiutare a migliorare l'apprendimento e l'insegnamento. Dalla "International Conference on Gender and Minorities in Science Education: Global Perspectives and Local Practices" (Napoli 14.10.25) sono emerse riflessioni su come la coscienza del limite, la complessità dei fenomeni, il paradigma ecologico e il pensiero femminista e delle minoranze possano avviare un'autoriflessione su come lavorare per una scienza e una didattica più inclusive e avvincenti.

Students and assistants at the Milan Institute of Physics: a gender analysis

L. Gariboldi¹

¹ Department of Physics "Aldo Pontremoli", University of Milan

Documents held in the Historical Archives of the University of Milan allow us to analyze the female component among students of the physics degree course and assistants at the Institute of Physics. As for students, it is possible to compare and reflect on the differences between males and females with regard to the number of enrollments up to 1970, the number of graduates and the degree grade up to 1960. The case of assistants is interesting, and some notable examples will be described. The delay in securing the first female professor in physics (Constance Dilworth in 1974) at Milan University can, in fact, be traced to the bottleneck in accessing assistantships, rather than to the lower number of female students compared to male ones.

Come analizzare il genere come variabile non binaria in ricerca didattica: un esempio da uno studio su larga scala

S. Galano¹, I. Testa¹

¹ Dipartimento di Fisica "E. Pancini", Università degli studi di Napoli Federico II, Napoli

La variabile categoriale "genere" è stata usualmente analizzata come una variabile binaria. Questo approccio ha attirato critiche in quanto non tiene conto della percezione dell'individuo della propria identità di genere. Uno studio recente (Li & Burkholder, 2024) utilizzando una misura non binaria del genere ha mostrato che solo circa un terzo degli studenti universitari si identifica come esclusivamente maschile o femminile. Inoltre, è emersa una discrepanza tra auto-percezione e percezione altrui, in particolare le donne si percepiscono più maschili e meno femminili rispetto a come pensano di essere viste. Sebbene lo studio proponga una misura innovativa, non risolve il

problema di come trattare la variabile genere nelle tipiche analisi statistiche come la regressione o l'analisi della varianza. In questo studio deriviamo due indici che permettono di definire una nuova variabile derivata continua che approssima la percezione dell'individuo della propria identità di genere, uno basato su una media pesata dei punteggi ottenuti nella scala proposta da Li & Burkholder (2024), il secondo basato su un modello di Rasch unidimensionale. I risultati mostrano che entrambi gli indici possono essere utilizzati come misura per l'identità di genere. Tuttavia, la misura di Rasch permette di ottenere un indice con caratteristiche psicometriche più valide.

Modelling entanglement: from the analysis of superposition to purely quantum entanglement via the entanglement of modes

G. Zuccarini¹, M. Michelini¹

¹ Università di Udine

Entanglement is a central feature of quantum mechanics. It is crucial for understanding the theory and its applications, especially in quantum information science. Within an educational path on quantum mechanics for secondary school students in the context of photon polarization, we focused on the building of the mathematical representation and physical interpretation of an entangled superposition. In order to facilitate conceptual change, students were involved in a theoretical modelling process. We report the results of a teaching experiment on 17-19-year-old students attending a summer school at Udine. We ask whether an extensive interpretive activity on the structural facets of quantum superposition, followed by the discussion of propagation, the introduction of definite position states and of the product of spatial and polarization states, provides a sufficient basis for students to suggest a mathematical expression for the entanglement of modes and identify its physical interpretation. We also investigate whether this form of entanglement acts as an effective stepping stone for modelling the purely quantum entanglement of the polarization states of two photons. More than half (18/33) provided a consistent expression for the two-photon entanglement and identified its properties (22/33), while 12/33 consistently described the effects of a polarization measurement on one photon.

14:30-15:15 Keynote speaker

P. Heron

15:15-17:00 Tavola rotonda sulla formazione insegnanti

Relatori: M. Carli, D. Censi (AIF) F. Corni, C. Fazio (PLS), Sapia (CDP-SIF), D. Basilico (INFN), I. Testa, E. Nigris (GEO)

17:30-18:30 Sessione aperta (15'+5')

La fisica nucleare nella formazione insegnanti, strumenti e proposte da una esperienza condotta in una rete di licei

P. Teruzzi¹, N. Ludwig¹

¹Dipartimento di Fisica "A. Pontremoli", Università degli Studi di Milano

La didattica della fisica nucleare nella scuola secondaria di secondo grado è poco aggiornata e spesso non praticata per ragioni di sistema o riconducibili ai contesti scolastici. Il Dipartimento di Fisica di Unimi nell'ambito di un dottorato di ricerca in didattica della fisica ha organizzato un corso di formazione/aggiornamento dedicato alla fisica nucleare, articolato in tre moduli, incontrando anche l'esigenza della rete dei licei di Monza e Brianza interessata allo sviluppo di pratiche di active learning. I moduli sono stati dedicati ai fondamenti di fisica nucleare, alle sue applicazioni civili e a contenuti transdisciplinari di cittadinanza scientifica. In quest'ultimo segmento i formatori hanno sviluppato temi legati al percorso storico-scientifico della progettazione della bomba atomica, rivolgendosi a una platea sia di docenti di discipline scientifiche e umanistiche sia di studenti di quarta e quinta del liceo scientifico. In particolare, si sono affrontati gli aspetti dell'influsso della

neo-nata era atomica sulle correnti artistiche del dopoguerra, la riflessione filosofica e le considerazioni relative alle politiche di disarmo nucleare, anche grazie ai contributi attivi degli studenti chiamati a contribuire con ricerche personali e di gruppo

Advancing Conceptual Understanding of Electromagnetic Fields through Collaborative Active Learning

D. Persano Adorno¹, N. Pizzolato²

¹ Dipartimento di Fisica e Chimica “E.Segré”, Viale delle Scienze Ed.18, Università di Palermo, 90128 Palermo

² ICS “Maredolce”, Via Fichidindia 6, 90100 Palermo

The development of soft and transversal skills should be a key focus in every academic program, equipping students with the abilities needed for active participation in society, engaged citizenship, social inclusion, and enhanced career opportunities. In line with these objectives, a voluntary supplementary educational activity was introduced at the end of the Physics II course for second-year Cybernetics Engineering students at the Palermo University, Italy. Through collaborative group work, and starting with the fundamental principles of electromagnetism, students had the chance to independently design and carry out in-depth projects, strengthening their grasp of fundamental concepts while also developing essential soft skills and teamwork abilities. The workshop engaged students in a comprehensive exploration of how electromagnetic fields are present in everyday life. Topics ranged from the phenomenon of the Northern Lights to plasma confinement in a Tokamak, the application of electromagnetic radiation in forensic medicine, and the use of particle accelerators in Medical Physics. Offering practical applications of physics concepts enhanced students' interest and academic performance, especially within the context of today's rapidly evolving world. Moreover, this approach not only aimed to enhance motivation, transversal skills, and learning outcomes but also introduced challenges and opportunities for self-directed inquiry and independent learning.

Il genere della scienza: un progetto di analisi scientifica per sensibilizzare le studentesse e gli studenti delle scuole secondarie sugli stereotipi di genere nelle materie STEM

A. Liccardo¹, A. Gargano², A. Pastena³

¹ Università degli Studi di Napoli Federico II

² INFN

³ Universitat de les Illes Balears, Spain

La presentazione illustra un progetto pedagogico condotto tra il 2018 e il 2025 in dieci scuole secondarie di Napoli, in contesti urbani e suburbani. L'iniziativa, nata dalla collaborazione tra due ricercatrici in fisica e una ricercatrice in linguistica applicata e pedagogia, si fonda su un approccio interdisciplinare e scientifico. L'obiettivo è sensibilizzare studenti e studentesse sull'influenza degli stereotipi e dei ruoli di genere nelle scelte formative e professionali, in particolare in ambito STEM. Il progetto si distingue per l'adozione di un metodo quantitativo rigoroso: attraverso il gioco educativo LaleloLab, i partecipanti vengono introdotti ai concetti di genere, per poi svolgere in autonomia indagini empiriche nel proprio contesto scolastico e familiare. Utilizzano strumenti scientifici come questionari, raccolta dati e indicatori di genere per analizzare le disuguaglianze percepite, elaborando infine un Gender Report della propria scuola. L'iniziativa coinvolge componente studentesca e insegnanti nello sviluppo di competenze scientifiche e matematiche nell'osservazione, nella misurazione e nell'analisi di dati, applicandole a fenomeni e temi sociali. Il progetto contribuisce a rafforzare la consapevolezza critica degli studenti e delle studentesse, stimolando riflessioni profonde sulle dinamiche di genere attraverso l'uso di metodi di ricerca propri della scienza. Saranno presentati alcuni esempi tratti dai Gender Report prodotti.

Sabato 13 dicembre

9:00-11:05 Sessione riservata CooFis08 (20'+5')

Learning by chatting: materiali didattici IPLS per l'era dei chatbot

P. Sapia¹, G. Bozzo¹, E. Tufino², P. Vittorini³

¹ Dipartimento di Matematica e Informatica, Università della Calabria

² Dipartimento di Scienze Fisiche, Informatiche e Matematiche, Università di Modena e Reggio Emilia

³ Dipartimento di Medicina clinica, Sanità pubblica, Scienze della vita e dell'ambiente, Università degli Studi dell'Aquila

La diffusione nei processi di apprendimento dell'utilizzo dei chatbot conversazionali (e più in generale della IA generativa) suggerisce l'opportunità di sviluppare materiali didattici "dialogabili" che, forniti agli LLM in modalità RAG, rendano maggiormente efficaci i processi socratici di auto-apprendimento basati sul loro utilizzo. Sul versante disciplinare, la fisica di base per le scienze biomediche (IPLS) già da un decennio circa è oggetto di profonda rivisitazione (sia in termini di contenuti che di approcci metodologici) da parte della ricerca didattica internazionale: esemplare a tal proposito l'approccio NEXUS/Physics della Uni-Maryland proposto e sperimentato dal compianto Redish. La recente riforma dell'accesso al CdLM in Medicina (con la fisica di base collocata al semestre aperto) rende quanto mai opportuno che anche nel nostro Paese si inneschi una riflessione in merito all'impostazione degli insegnamenti IPLS, anche nella prospettiva di migliorare la continuità didattica per quei discenti che – non ammessi a Medicina – confluiranno nei CdS affini. In questo contesto, presentiamo qui un'esperienza di riprogettazione e implementazione LLM-oriented di materiali didattici per l'apprendimento della fisica dei fluidi, in corso di realizzazione per l'utilizzo nell'ambito di una sperimentazione didattica (sull'uso dei chatbot conversazionali nell'apprendimento flipped classroom) che verrà condotta presso i CdS di Biologia e di Scienze e Tecnologie Biologiche dell'UniCal nel secondo semestre del corrente a.a.

Oltre il "Plug-and-Chug": IA Generativa come supporto per il Problem-Solving in fisica

E. Tufino¹

¹Dipartimento di Scienze Fisiche, Informatiche e Matematiche, Università di Modena e Reggio Emilia

La ricerca in didattica della fisica (PER) documenta da molti anni la tendenza degli studenti ad adottare strategie di problem-solving superficiali ("plug-and-chug"), che limitano la comprensione concettuale. Questo contributo esplora l'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale Generativa (GenAI) non come solutore automatico, ma come strumento di scaffolding cognitivo per promuovere approcci da esperti. Presentiamo l'implementazione didattica di strumenti specifici (GEM personalizzati e NotebookLM), configurati con una duplice funzione. Da un lato, guidano l'analisi qualitativa durante il problem-solving, incoraggiando l'uso di rappresentazioni multiple e la focalizzazione sui principi fisici. Dall'altro, agiscono come tutor socratici per migliorare la lettura di testi scientifici, stimolando gli studenti a spiegare e connettere i concetti studiati. Sono discusse alcune osservazioni preliminari in un contesto scolastico. Tali osservazioni suggeriscono che questa interazione guidata può aiutare gli studenti a spostare l'attenzione dalla ricerca immediata della formula alla costruzione di un modello fisico coerente, favorendo lo sviluppo di abilità metacognitive e una comprensione più profonda della disciplina.

Una TLS sul concetto di energia per la promozione dell'autoefficacia scientifica: esiti di una sperimentazione nella scuola primaria

G. Giarratano², C. Fazio¹, O.R. Battaglia¹

¹ Department of Physics and Chemistry - Emilio Segrè, University of Palermo, Italy

² Department of Psychological, Pedagogical, Physical Exercise and Training Sciences, University of Palermo, Italy

L'energia è un concetto scientifico centrale ma complesso, rispetto al quale gli alunni arrivano a scuola con numerose concezioni alternative legate alle esperienze quotidiane. Nella scuola primaria, tuttavia, questo tema viene spesso affrontato in modo superficiale, attraverso libri di testo che propongono definizioni semplicistiche e scarsa attenzione alle trasformazioni energetiche, ostacolando una comprensione integrata. Parallelamente, l'insegnamento delle scienze dovrebbe promuovere non solo conoscenze e abilità, ma anche l'Autoefficacia Scientifica (Science Self-Efficacy - SSE). Le ricerche mostrano che differenze di genere nella percezione della SSE emergono già nella scuola primaria, pur risultando ancora contenute, rendendo questo livello educativo ideale per un intervento mirato. Alla luce di ciò, è stata sviluppata una Sequenza di Insegnamento–Apprendimento (Teaching–Learning Sequence - TLS) finalizzata a potenziare sia la comprensione concettuale dell'energia sia la SSE. Lo studio descrive la progettazione, l'attuazione e la valutazione della TLS, realizzata con 75 studenti di quinta primaria per un totale di 12 ore, utilizzando la metodologia Inquiry-Based Science Education. L'efficacia è stata verificata attraverso un test sui concetti di energia e un questionario sulla SSE somministrati in pre e post intervento. I risultati evidenziano che la TLS ha migliorato significativamente l'apprendimento concettuale e l'autoefficacia scientifica degli studenti.

SHINE – mainstreaming Systems tHinking In Natural sciences and Environmental education. Integrare il Pensiero Sistemico nell'Educazione Scientifica a Scuola

F. Corni¹, L. Silveri¹, H.U. Fuchs¹, B. Grazzini², R. Scolozzi³

¹ Facoltà di Scienze della Formazione, Libera Università di Bolzano, Bressanone

² InEuropa srl, Modena

³ Dipartimento di Sociologia e Ricerca Sociale - Università di Trento

Il progetto Erasmus+ SHINE (mainstreaming Systems tHinking In Natural sciences and Environmental education) si propone di fornire risorse innovative per integrare il pensiero sistemico (systems thinking) nell'insegnamento della fisica e delle scienze a livello di scuola primaria e secondaria. Dopo la prima fase di analisi delle best practice europee, il progetto si è concentrato sullo sviluppo di un toolkit di materiali per la formazione insegnanti e per la didattica nella scuola per studenti nella fascia di età 8-16 con l'ausilio di uno strumento di gamification sia in formato da tavolo sia in formato digitale. Il toolkit è in fase di sperimentazione nelle scuole durante la quale si raccoglieranno feedback e valutazioni degli insegnanti. In questo contributo, dopo un'introduzione a SHINE e allo stato dell'arte dello sviluppo dei suoi materiali, verranno presentati i primi risultati della sperimentazione in Italia.

Probing high school students' conceptual understanding implementing a learning pathway on electromagnetic waves

D. Catena¹, M. Michelini¹

¹ Università di Udine

A PhD research project was focused on the development of a learning pathway on electromagnetic waves for high school students. In agreement with the EPERMP (Entangled Physics Education Research Methods for Paths) theoretical framework, preliminary research steps were carried out about the literature review on learning difficulties and the analysis of the conceptual content knowledge – and related representations – of the most popular textbooks in Italian high schools. These studies allowed us identifying a missing link in traditional teaching between the propagation of the electromagnetic field and the Maxwell's equations (in particular in the static context), which hinders conceptual learning. This contribution will present the results of an experimentation carried out within an interdisciplinary Summer School organized at the University of Udine (for students aged 16 to 19), and we will focus on the activities about electromagnetism. They aimed at introducing the phenomena of generation, propagation and detection of electromagnetic waves, starting from the elementary concepts of field and operators (flow and circulation). The learning outcomes were measured through a two-level questionnaire (multiple choice with 5 options + motivation for the answer). The activities and the results will be described with the teaching implications' discussion.

11:25-11:30 Sessione riservata CooFis08 (20'+5')

Percorsi di formazione PF60cfu per i docenti della scuola secondaria: primo bilancio e prospettive

S. Straulino¹

¹ Università di Firenze

In questa comunicazione vorrei tentare un primo bilancio sui corsi di formazione per i docenti della scuola secondaria, attivati nell'estate del 2024 e giunti al III ciclo. I docenti di Didattica e Storia della Fisica sono intensamente coinvolti in questa formazione, anche se, per il loro piccolo numero in tutti gli atenei italiani, sono talvolta costretti a un ruolo subalterno. Sappiamo quanto sia importante una buona formazione didattica dei docenti; per questo è auspicabile che dai percorsi di formazione emerga una didattica disciplinare di qualità. Tuttavia, i tempi stretti imposti finora dalla normativa mal si conciliano con questi obiettivi, tenendo anche conto della complessa organizzazione necessaria per l'attivazione dei percorsi, che coinvolgono docenti universitari di ambiti disciplinari diversi, tutor universitari e tutor scolastici per la parte di tirocinio. I corsisti manifestano in genere grande attenzione per gli aspetti didattici connessi alla disciplina e per il tirocinio. È interessante avviare una discussione su questa tipologia didattica all'interno del nostro gruppo disciplinare, come abbiamo fatto negli scorsi anni per gli insegnamenti di Didattica della Fisica a Scienze della formazione primaria.

Come individuare profili in ricerca didattica: un confronto tra k-means clustering e latent profile analysis con applicazione all'autoefficacia degli insegnanti di fisica

I. Testa¹, A. Del Bene¹, S. Galano¹, G. Giuliana¹, I. Angelica Grimaldi¹, A. Monaco¹, A. Zappia¹, L. Palazzo², G. Ragozzini³

¹ Dipartimento di Fisica "E. Pancini", Università degli studi di Napoli Federico II, Napoli

² Dipartimento Scienze Umane E Sociali, Università L'Orientale di Napoli

³ Dipartimento di Scienze Politiche, Università degli studi di Napoli Federico II, Napoli

I metodi di clustering sono utilizzati nella didattica della fisica per individuare sottogruppi con caratteristiche simili. Tra questi, il k-means è tra i più diffusi, ma si basa su una partizione rigida che assegna ogni individuo a un solo cluster, richiedendo analisi post-hoc per esplorare relazioni con altre variabili. Un'alternativa è rappresentata dai modelli misti di clustering, come la latent profile analysis (LPA), che si fondano su ipotesi teoriche e offrono strumenti statistici per determinare il numero ottimale di sottogruppi. A differenza del k-means, la LPA considera gli errori di classificazione, attribuendo probabilità di appartenenza ai cluster anziché assegnazioni fisse. In questa presentazione, analizziamo somiglianze e differenze tra k-means e LPA nell'identificazione di profili tra 364 insegnanti di matematica e fisica, basati sulla percezione di autoefficacia misurata con uno strumento a quattro fattori: didattica laboratoriale, insegnamento dei concetti di fisica, valutazione e metodi pedagogici innovativi, problem solving e competenze avanzate. I risultati evidenziano che i modelli misti consentono di ottenere gruppi più distinti in base all'autoefficacia percepita. Sulla base di questi risultati, saranno infine brevemente discusse le principali implicazioni per la ricerca didattica.

Apprendere la fisica attraverso il dibattito: risultati di uno studio pilota sul concetto di energia

M. Costigliolo¹, M. Bozzi¹, R. Virzi¹, M. Zani¹

¹ Dipartimento di Fisica, Politecnico di Milano, Milano, Italia

Questo studio indaga l'efficacia del dibattito strutturato, basato sul modello World Schools Debate Championship (WSDC), come metodologia didattica attiva per migliorare la comprensione concettuale del concetto di energia nella didattica della fisica. L'intervento, condotto dal gruppo di ricerca ST2 del Politecnico di Milano, ha coinvolto 44 studenti di scuola secondaria di secondo grado

in un percorso di dieci ore articolato in fasi di revisione teorica, formazione all'argomentazione e dibattito sulla mozione "L'Unione Europea dovrebbe privilegiare la ricerca sull'energia nucleare rispetto a quella sulle energie rinnovabili". Attraverso un disegno di ricerca pre-post test a campione unico, i risultati mostrano un miglioramento statisticamente significativo dei punteggi post-intervento ($p = 0.0003$), con un effetto di grande entità (Cohen's $d = 0.81$; $AKP = 0.80$), confermato anche tramite test robusti di Yuen. Questi dati indicano che la partecipazione al dibattito ha prodotto un incremento sostanziale nella comprensione concettuale dell'energia, suggerendo che il dibattito possa costituire una metodologia attiva efficace e replicabile nell'insegnamento della fisica, capace di promuovere non solo conoscenze disciplinari, ma anche abilità di ragionamento e argomentazione scientifica.

Light and Vision: An Inquiry-Based Approach to Teaching Geometrical Optics in a Visual Arts High School

P. Fruton¹, C. Occhilupo¹, S. Castellini¹, C. Volpari², A. Vailati¹, M. Carpineti¹

¹ Dipartimento di Fisica "Aldo Pontremoli", Università degli Studi di Milano

² Liceo Artistico Statale "di Brera", Milano

We describe an inquiry-based educational project on geometrical optics, successfully implemented in a visual arts high school by leveraging students' natural interest in light propagation from an artistic perspective. We developed an experimental kit that enables simple experiments, helping students progressively understand the propagation of light through a homogeneous medium, two different media, and finally a stratified medium. A key aspect is encouraging students to reflect on the meaning of textbook images that depict optical phenomena from a side view. In addition to reproducing these phenomena in the laboratory, students can compare, within the same experiment, the objective side view with the subjective viewpoint of an observer facing the light source. The curved lateral path of light through a stratified medium can thus be associated with the deformation and apparent displacement of objects seen through the same medium, thereby allowing students to experimentally reproduce a mirage. For the evaluation of learning outcomes, at the end of the project students created an artwork inspired by their experience and discussed with their peers the physical principles underlying their production. A similar inquiry-based approach was also adopted in a teacher training course, demonstrating its versatility and effectiveness in fostering both conceptual understanding and reflective teaching practices.

Python Visual Applications for Inquiry-Based Teaching of Quantum Mechanics

M. Daneluzzo¹, C. Fazio¹, L. Lovisetti², M. Giliberti²

¹ Department of Chemistry and Physics "Emilio Segré", University of Palermo

² Department of Physics "Aldo Pontremoli", University of Milan

Visualization plays a crucial role in understanding abstract concepts, especially in quantum mechanics, where students must engage with mathematical entities that cannot be directly represented. In this context, graphical representation and guided exploration acquire essential formative value, in line with inquiry-based teaching that promotes the active construction of knowledge. Within the didactic reconstruction of quantum mechanics developed by the Physics Education Research Group at the University of Milan, understanding the meaning of eigenvectors and eigenvalues plays a central role. Building on previous work, two interactive Python applications have been developed, based on mathematical libraries (NumPy, SciPy) and graphical libraries (PyQt5), dedicated to the dynamic study of vectors in \mathbb{R}^2 , \mathbb{C}^2 , and \mathbb{C}^3 . The first application enables the interactive rotation of a vector and the visual comparison with the action of a linear operator (2×2 matrix). The extension to the complex case introduces a three-dimensional histogram visualization, which makes it possible—a non-trivial aspect—to graphically determine complex eigenvectors and eigenvalues. These applications are planned to be used in educational trials with secondary school teachers and students, as tools to integrate visualization, interaction, and theoretical reflection in the teaching of quantum mechanics.