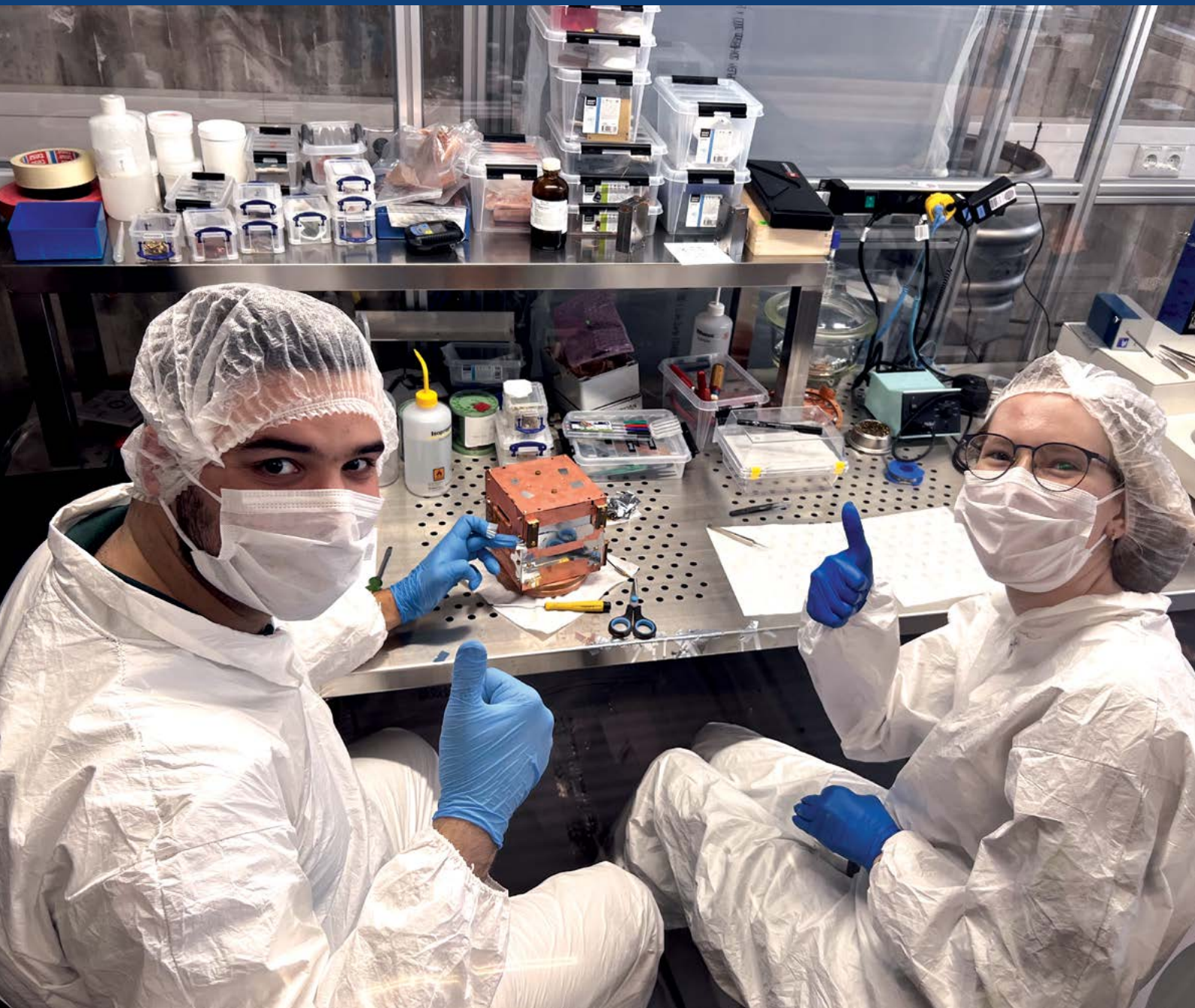


..... 2025 .....

# CONNESSIONI

Rassegna Annuale del Dipartimento di Fisica



TOR VERGATA  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

Dipartimento di Fisica

## Foto

### FRONT COVER

Apparato criogenico per lo studio dei neutrini in un laboratorio di fisica nucleare.

### UNA COMUNITÀ IN EVOLUZIONE (pagina 6)

Visita all'esperimento ATLAS al CERN. Sullo sfondo, l'edificio di superficie del rivelatore e il murale alto tre piani dell'artista americano Josef Kristofletti, grande circa un terzo delle dimensioni del rivelatore sotterraneo.

### PERSONE E RISULTATI (pagina 30)

Laboratorio di Fisica della Materia E028 del Dipartimento di Fisica

### FOCUS SULLA RICERCA (pagina 36)

Laboratorio dell'esperimento VIRGO presso il Dipartimento di Fisica, dedicato allo studio delle onde gravitazionali.

Coordinamento editoriale e revisione testi: Laura Rigoni

Progetto grafico e impaginazione: hylab

# Indice

<b>BENVENUTI</b>	<b>4</b>	<b>PERSONE E RISULTATI</b>	<b>30</b>
Un 2025 di evoluzione per il Dipartimento di Fisica	4	<b>PARLIAMO DI...</b>	<b>31</b>
Shanghai Subject Ranking 2025	5	Flaminia Giacomini	31
<b>UNA COMUNITÀ IN EVOLUZIONE</b>	<b>6</b>	<b>PANORAMICA DEL PERSONALE</b>	<b>32</b>
<b>FISICA IN PRIMO PIANO</b>	<b>7</b>	Chi siamo	32
Benvenuti sotto lo stesso cielo	7	<b>LE NOSTRE ATTIVITÀ IN NUMERI</b>	<b>34</b>
Ventennale della Notte Europea delle Ricercatrici e dei Ricercatori	8	Statistiche sull'Attività Didattica	34
Scienza, stelle e condivisione	9	Statistiche sull'Attività Ricerca	35
Lauree magistrali e mondo del lavoro: un ponte tra università e imprese	9	<b>FOCUS SULLA RICERCA</b>	<b>36</b>
La collaborazione ePIC a Villa Mondragone	10	<b>Theoretical Physics</b>	<b>37</b>
Viaggio di studio al CERN 2025	11	Stochastic reconstruction of gappy Lagrangian turbulent signals by conditional diffusion models	39
L'evento New directions in complex flows ai Lincei	12	Standard Model prediction of Muon g-2 catches up with experimental accuracy: fundamental physics at the precision frontier	41
Roberto Petronzio Lecture 2025	13	<b>Astrophysics</b>	<b>43</b>
Inaugurazione dei Corsi di Studio 2025	14	Euclid: A cosmic atlas in the making	45
Inaugurazione dell'Aula Sergio Tazzari	15	When black holes blow: XRISM uncovers a turbulent relativistic outburst in a quasar	47
Giornata di studi per la programmazione delle attività di ricerca	16	<b>Condensed matter and material physics</b>	<b>48</b>
<b>RIFLETTORI ACCESI SUL NOSTRO MONDO</b>	<b>17</b>	Topological sensing with graphene nanoribbons	50
Menzione Speciale SIF per Marco Giammei	17	A wearable tool for real-time dose monitoring during cancer radiation therapies	52
Premio Raffaele Tripiccione INFN a Damiano Capocci	18	<b>Applied Physics</b>	<b>53</b>
Premio SOCINT/G-Research a Chiara Calascibetta	19	Structural stability of chromophore-grafted Ubiquitin mutants in vacuum	55
Premio SIF Ettore Pancini 2025 ad Alice Leoncini	20	New moderating materials for medical facilities using Boron Neutron Capture Therapy	57
ERC Starting Grant 2025 a Tommaso Giovannini	21	<b>Experimental physics of fundamental interactions</b>	<b>58</b>
Viviana Fafone Socia Benemerita della Società Italiana di Fisica	22	Ten years after the first detection of gravitational waves, a new signal confirms the deepest properties of black holes	60
Accademia Europaea: Luca Biferale tra i Membri Eletti	22	Ghost particles, sharp tests: neutrinos challenge the standard model	61
Quando l'AI incontra lo studio della turbolenza	23		
Medaglia INFN al Prof. Piergiorgio Picozza	24		
<b>VETRINA ACCADEMICA</b>	<b>25</b>		
Le Collaborazioni dell'LHC Vincono il Breakthrough Prize 2025	25		
<b>LA SCIENZA PER TUTTI</b>	<b>26</b>		
Due borse per studiare la fisica in Europa	26		
STEM al Femminile: ispirazioni e percorsi di donne nella scienza	27		
<b>CENTRO NAST</b>	<b>28</b>		
Ricerca Interdisciplinare e Innovazione nel 2025	28		
<b>NOTIZIE DALLA SEZIONE INFN</b>	<b>29</b>		
INFN Sezione di Roma Tor Vergata	29		

BENVENUTI

# Un 2025 di **evoluzione** per il Dipartimento di Fisica

Bilanci, premi, dottorati, divulgazione e nuove collaborazioni per un dipartimento vivo, curioso e capace di trasformare il lavoro quotidiano in opportunità di crescita condivisa.



**Il 2025 è stato produttivo e impegnativo per il Dipartimento di Fisica. In questo primo anno completo della mia direzione il Dipartimento ha iniziato con una serie di importanti adempimenti amministrativi e programmatici, quali il bilancio di spesa, la sottomissione all'Agenzia Nazionale di Valutazione del Sistema Universitario e della Ricerca (ANVUR) delle informazioni per la Valutazione della Qualità della Ricerca (VQR) 2020-24, la revisione di alcuni regolamenti, il monitoraggio del piano triennale dipartimentale e l'avvio della programmazione triennale del personale**

Ringrazio la Commissione per la Qualità della **Ricerca**, presieduta dalla Prof.ssa Marina Migliaccio, per l'impegno ed il tempo dedicato al coordinamento per la sottomissione della VQR, un importante momento e con implicazioni significative sul piano delle risorse future del Dipartimento. Il Dipartimento ha avviato nel 2025 tre cospicui progetti di ricerca, finanziati dall'European Research Council e dal Fondo Italiano per la Scienza e diretti dai giovani ricercatori e ricercatrici Michele Buzzicotti, Flaminia Giacomini e Tommaso Giovannini.

Nelle pagine seguenti troverete anche i dettagli della giornata di studi per la programmazione delle attività di ricerca, che ha rappresentato una vetrina per il panorama eterogeneo e di eccellenza delle ricerche che si sviluppano nel Dipartimento di Fisica.

L'attenzione del Dipartimento alla qualità della **Didattica** curricolare è stata costante, e il lavoro dei coordinatori dei corsi di studio, Prof. Roberto Senesi per i corsi di studio in Fisica e la Prof.ssa Maurizia Palumbo per i corsi di studio in Scienza dei Materiali, in concerto con le Commissioni Didattiche, ha spesso posto l'attenzione sul monitoraggio del progresso delle studentesse e degli studenti nel percorso di studi.

Dati più puntuali sono stati resi disponibili quest'anno dall'Ateneo per il monitoraggio di ciascun modulo didattico, e particolarmente importanti sono quelli dei primi anni, il momento in cui si concentrano gli abbandoni o i ritardi degli studenti.

Un tutoraggio aggiuntivo alle studentesse e studenti è stato previsto nel primo semestre del 2025/26, grazie a fondi aggiuntivi del Dipartimento e dei Piani Lauree Scientifiche. Come sempre, la premiazione delle studentesse e studenti migliori di ciascun anno e di coloro che hanno terminato i Percorsi di Eccellenza ha evidenziato l'impegno e gli ottimi risultati raggiunti.

..... Una rivista  
annuale per aprire le  
porte del Dipartimento  
di Fisica a chi ne  
fa parte e a chi lo  
guarda dall'esterno,  
raccontando il  
fermento costruttivo  
che ha animato la  
nostra comunità  
nell'anno appena  
passato.

Quest'anno la premiazione è stata abbinata all'inaugurazione dell'aula T1 al Prof. Gianfranco Chiarotti, la cui figura è stata celebrata durante l'evento con un ricordo della sua importante attività scientifica nel campo dei semiconduttori e della fisica delle superfici.

Altro momento di celebrazione è stata l'intitolazione di un'aula in memoria del Prof. Sergio Tazzari per gli importanti contributi alla fisica degli acceleratori di particelle.

È proseguito nel 2025 anche lo sviluppo delle scuole di Dottorato di Ricerca in Fisica, coordinata dal Prof. Massimo Bianchi, e quella in Astrophysics and Space Science coordinata dal Prof. Giuseppe Bono.

Il dottorato di ricerca sta vivendo un periodo di espansione a livello programmatico nazionale e sono grato ai coordinatori per il loro impegno e determinazione anche a fronte di un aumentato carico amministrativo.

I PhD days, istituiti appositamente quest'anno, sono giornate in cui tutti i dottorandi presentano le proprie ricerche davanti al collegio dei docenti, ai rappresentanti degli Enti di Ricerca e degli stakeholders delle Scuole di Dottorato.

La **Divulgazione** scientifica ed i rapporti con la società sono testimoniati dagli eventi e dalle iniziative, che sono coadiuvate dal neo-designato gruppo per l'Assicurazione della Qualità per la Terza Missione e l'Impatto Sociale, coordinato dalla Prof.ssa Maria Cristina Morone.

A queste iniziative si affianca la firma di numerosi accordi di partenariato che formano lo scheletro dei rapporti istituzionali di ricerca e sviluppo.

Mentre la nostra attenzione è ormai rivolta al 2026, nelle pagine di questa Rivista Annuale del Dipartimento, che si rinnova nella veste grafica e nei contenuti, diventando più snella e ponendo maggiore enfasi sulle attività che hanno caratterizzato la vita sociale e scientifica, troverete i dettagli di tante attività che spaziano da eccellenti risultati di ricerca, all'attenzione puntuale alla didattica, agli incontri e iniziative per la divulgazione e la disseminazione delle conoscenze scientifiche.

Ringrazio tutte le colleghe e i colleghi del personale docente e ricercatore, del personale tecnico e amministrativo, e le studentesse e studenti della nostra comunità per la collaborazione alla vita ed alle attività del Dipartimento.

Un fermento costruttivo che emerge appieno in queste pagine che raccontano il nostro 2025.

**Lucio Cerrito**

Direttore del Dipartimento di Fisica

---

## Shanghai Subject Ranking 2025

Il Dipartimento di Fisica scala la classifica nazionale ed internazionale

**D**opo essersi classificato nel corso degli anni nel 20% dei migliori dipartimenti di Fisica, il Dipartimento di Fisica di Roma Tor Vergata spicca nel 2025 per una rapida scalata nella Shanghai Subject Ranking Physics, guadagnando numerose posizioni nella graduatoria dei Dipartimenti di Fisica italiani e internazionali.

Il Dipartimento si posiziona al quarto posto ex aequo a livello nazionale, e tra i Top 100 a livello internazionale (76-100), scalando di quasi 100 posizioni la classifica rispetto all'anno precedente.

Nella valutazione dell'Università di Roma Tor Vergata, il Dipartimento di Fisica è classificato tra i 3 migliori dipartimenti dell'Ateneo (World Top 100 Subjects), insieme a quello di Nursing e a quello di Biomedical Engineering.

A group of approximately 30 people, mostly young adults, are posing for a group photo in front of a large industrial building. The building features a prominent, colorful mural on its facade, depicting a large circular structure with a grid pattern and various colored segments. A tall antenna tower is visible on the roof of the building. The scene is set during the day, with a clear blue sky. The text "UNA COMUNITÀ IN EVOLUZIONE" is overlaid in white, bold, sans-serif font across the center of the image, flanked by two horizontal dashed white lines.

# UNA COMUNITÀ IN EVOLUZIONE

# Benvenuti sotto lo stesso cielo

Il programma MASS accoglie la sua quarta generazione di studenti internazionali

di Dario del Moro

**D**al 23 al 25 settembre 2025, il Dipartimento di Fisica ha ospitato i Welcome Days del Master in Astrophysics and Space Science, inaugurando ufficialmente la quarta edizione di questo Erasmus Mundus Joint Master Degree.

..... Coinvolgendo quattro università europee, decine di partner industriali e centinaia di studenti da tutto il mondo, il MASS costruisce la comunità astrofisica del futuro e riveste un valore strategico per il Dipartimento.

Il programma MASS, coordinato dall'Università di Roma Tor Vergata, riunisce un consorzio di quattro università europee: Roma Tor Vergata, Università di Belgrado, Università di Brema e Université Côte d'Azur di Nizza.

Il successo del programma è testimoniato da oltre 500 candidature provenienti da 71 paesi nell'edizione più recente, con tutti gli studenti che iniziano il loro percorso presso il nostro ateneo.

I tre giorni di Welcome Days hanno registrato una forte partecipazione della comunità accademica.

La sessione di apertura ha visto la presenza del Rettore Prof. Nathan Levaldi Ghiron, insieme al Prof. Mariano Venanzi (Coordinatore della Macroarea di Scienze), al Prof. Lucio Cerrito (Direttore del Dipartimento di Fisica), al Prof. Roberto Senesi (Coordinatore dei Corsi di Laurea in Fisica) e alla Prof.ssa Bian-

ca Sulpasso (Delegata del Rettore per l'Internazionalizzazione). Hanno partecipato anche docenti e rappresentanti delle università partner, creando un ambiente variegato e internazionale.

Particolarmente significativo è stato l'incontro con i partner industriali e di ricerca: l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI),

mondo, il MASS costruisce la comunità astrofisica del futuro e riveste un valore strategico per il Dipartimento: rafforza la nostra posizione nel panorama internazionale della formazione astrofisica, crea connessioni dirette con l'industria spaziale italiana ed europea e alimenta una comunità studentesca cosmopolita, offrendo agli studenti prospettive concrete sulle opportunità professionali e di ricerca nel settore.

Il successo delle edizioni precedenti è evidenziato dal fatto che il 62% dei laureati si iscrive a programmi di dottorato entro sei mesi dal conseguimento del titolo. I Welcome Days segnano non solo un'accoglienza formale, ma l'inizio di un percorso che porterà i nostri nuovi studenti attraverso quattro università europee, creando una rete di collaborazioni con un impatto duraturo sulla ricerca astrofisica e spaziale europea.

l'INAF (Osservatorio Astronomico di Roma e Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali), Thales-Alenia Space e altri partner MASS. Coinvolgendo quattro università europee, decine di partner industriali e centinaia di studenti da tutto il



# Ventennale della Notte Europea delle Ricercatrici e dei Ricercatori

Tor Vergata porta la fisica tra la gente: 20.000 visitatori alla Città dell'Altra Economia  
di Mattia Atzori Corona e Amedeo Balbi

**I 26 e 27 settembre 2025, presso la Città dell'Altra Economia di Roma, l'Università degli Studi di Roma Tor Vergata ha partecipato alla Notte Europea delle Ricercatrici e dei Ricercatori 2025.**

Si trattava di un'edizione particolarmente significativa che ha celebrato i vent'anni della manifestazione a livello europeo, con circa 20.000 partecipanti in totale nel corso delle due serate: numeri che confermano il crescente interesse del pubblico.

All'interno di questo contesto, il Dipartimento di Fisica ha svolto un ruolo di primo piano nelle attività divulgative, presentando al pubblico alcuni dei principali temi e risultati della propria ricerca.

Nel quadro del progetto europeo SCIENZAINSIEME – Science Together NET, coordinato per l'Ateneo dal Prof. Amedeo Balbi, ricercatrici e ricercatori del Dipartimento di Fisica hanno animato momenti di confronto dedicati a studenti, famiglie e cittadini di tutte le età, favorendo un dialogo

diretto tra comunità scientifica e la società. Attraverso esperimenti, poster e attività interattive, sono stati affrontati argomenti che spaziano dalla fisica fondamentale all'astrofisica e alla scienza dei materiali, mettendo in luce come la ricerca di base contribuisca sia alla comprensione dell'Universo, sia allo sviluppo di tecnologie innovative.

La Notte dei Ricercatori si conferma un'occasione privilegiata di incontro e

L'iniziativa ha inoltre rappresentato un'importante opportunità formativa per studenti e giovani ricercatori, stimolando competenze comunicative e una maggiore consapevolezza del valore sociale della ricerca.

Nel contesto delle attività della Notte Europea, la Macroarea di Scienze di Tor Vergata ha inoltre ospitato una serata di osservazione astronomica e racconti al telescopio, in collaborazione con l'Asso-

**..... Un'occasione privilegiata di incontro e condivisione, capace di rafforzare il senso di comunità accademica, valorizzare il ruolo del Dipartimento di Fisica all'interno dell'Ateneo e dare visibilità a ricerche promettenti.**

condivisione, capace di rafforzare il senso di comunità accademica, valorizzare il ruolo del Dipartimento di Fisica all'interno dell'Ateneo e dare visibilità a ricerche promettenti.

ciazione Scienza Impresa: un momento informale e conviviale che ha saputo unire divulgazione, curiosità e il fascino senza tempo del cielo notturno.

**NOTTE EUROPEA  
DELLE RICERCATRICI  
E DEI RICERCATORI  
2025**

SCIENCE TOGETHER NET

Roma, Città dell'Altra Economia  
26-27 settembre 2025  
dalle 18:30 alle 23:00

[www.scienzainsieme.it](http://www.scienzainsieme.it)

## Scienza, stelle e condivisione

L'astronomia come occasione di socialità

di Dario del Moro



L'8 ottobre 2025, la Macroarea di Scienze ha ospitato **Aspettando Sprizzzzzy....amoci sotto le stelle**, un'iniziativa organizzata dal Vicerettorato alle Politiche di Innovazione Sociale e dalla Divisione Sviluppo Organizzativo dell'Università di Roma Tor Vergata.

L'evento ha riunito docenti, personale tecnico-amministrativo e famiglie, in un'esperienza che ha combinato osservazione scientifica e socialità.

Sotto la guida esperta degli astronomi dell'ateneo, i partecipanti hanno intrapreso un viaggio attraverso pianeti, stelle e costellazioni, trasformando la scienza in un'esperienza condivisa e accessibile.

Apprendo l'evento all'intera comunità universitaria, tra docenti, personale e loro familiari, gli organizzatori hanno creato uno spazio dove curiosità e meraviglia

hanno unito partecipanti di ruoli ed esperienze diverse.

Proseguendo il successo degli eventi del programma *Il cielo non ci basta*, questa serata ha continuato una tradizione di iniziative che coniugano scoperta scientifica e connessione sociale. La combinazione di osservazione guidata tra stelle e atmosfera conviviale ha permesso ai partecipanti di vivere l'astronomia non come teoria astratta, ma come realtà accessibile e affascinante, visibile sopra le loro teste.

Eventi come *Sprizzzzzy....amoci* non solo contribuiscono a costruire una comunità universitaria vivace, dove l'apprendimento si estende oltre le aule, ma dimostrano anche che l'innovazione sociale può assumere molte forme, inclusa la creazione di momenti in cui scienza, socialità e spirito di comunità si incontrano sotto le stelle.

## Lauree magistrali e mondo del lavoro: un ponte tra università e imprese

Percorsi formativi avanzati e opportunità di inserimento professionale per laureandi e neolaureati in discipline scientifiche

di M.Cristina Morone, Viviana Fafone

Il giorno 5 giugno 2025 si è svolto l'evento **Lauree magistrali e mondo del lavoro** organizzato dalla Macroarea di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Ateneo di Roma Tor Vergata, rivolto a laureati in discipline scientifiche.

L'organizzazione dell'evento è stata curata dalla Commissione Orientamento di Macroarea, le cui rappresentanti per il dipartimento di Fisica sono le Prof.sse Viviana Fafone e Maria Cristina Morone. L'evento ha offerto un ampio panorama di opportunità lavorative accessibili nell'immediato futuro, dalla continuazione del lavoro di ricerca in Università, per esempio con i dottorati, alla frequenza di percorsi formativi specialistici tramite master, all'inserimento in aziende legate a settori affini.

La giornata si è articolata su una serie di presentazioni di interesse dei vari Dipartimenti.

Per quanto riguarda il dipartimento di Fisica, quelle su possibili percorsi formativi hanno riguardato i corsi di studio in Fisica e Scienza dei Materiali, i corsi di dottorato in Fisica ed in Astrophysics and Space science, il Master in Radioprotezione, la Scuola di Specializzazione in Fisica Medica.

In seguito, rappresentanti dei maggiori enti di ricerca (CNR, INFN, INAF, ENEA) hanno presentato le rispettive attività di punta e, infine, è stato il momento di alcune aziende tra cui Telespazio, Avio, Leica-Microsystem, STM-Microelectronics, Yokohama-TWS.

Dopo aver illustrato le possibilità di inserimento lavorativo per i laureati in fisica, oltre al tipo di attività in cui potrebbero essere coinvolti, hanno interagito direttamente con i partecipanti presso tavoli informativi.

L'iniziativa ha riscosso un promettente successo e verrà riproposta nel prossimo maggio 2026.

# La collaborazione ePIC a Villa Mondragone

Fisici e ingegneri da tutto il mondo discutono il primo esperimento dell'Electron-Ion Collider

Annalisa D'Angelo

**D**al 20 al 24 gennaio 2025 la Collaborazione Internazionale ePIC presso l'Electron-Ion Collider (EIC) si è riunita a Villa Mondragone, splendida sede del Centro Congressi della nostra Università a Monte Porzio Catone.

scientifica internazionale, rappresentata dallo EIC User Group (EICUG).

EIC è un acceleratore di nuova generazione progettato per far collidere elettroni polarizzati con protoni e nuclei pesanti, anch'essi polarizzati, al fine di studiare la struttura interna dei protoni e dei neutroni con una precisione senza precedenti.

volva in funzione dell'energia, affrontando questioni fondamentali ancora aperte, come l'origine dello spin dei nucleoni e la natura delle interazioni tra quark e gluoni a bassi valori di impulso trasferito. In queste condizioni, i modelli teorici prevedono il raggiungimento del regime di saturazione della densità di gluoni, che potrebbe dar luogo alla formazione di un nuovo stato della materia nucleare, noto come Color Glass Condensate (CGC). La comunità scientifica internazionale riunita nella Collaborazione ePIC (Electron-Proton/Ion Collider) gestisce la progettazione, la costruzione e le operazioni del rivelatore omonimo.

L'attività sperimentale dedicata allo studio delle collisioni di EIC inizierà nei primi anni del 2030 e la collaborazione coinvolge oltre 850 fisici e ingegneri da più di 170 istituti e 25 nazioni, riflettendo l'importanza dell'impegno internazionale nel progetto EIC nella Collaborazione ePIC, la quale ha recentemente ricevuto lo status di *Recognized Experiment* del CERN.

Durante l'incontro sono intervenuti il Rettore, Prof. Nathan Leviai Ghiron, il Direttore del Dipartimento di Fisica, Prof. Lucio Cerrito e la Direttrice della Sezione Roma Tor Vergata dell'INFN, Prof.ssa Roberta Sparvoli.

Il portavoce della Collaborazione ePIC, John Lajoie, ha riassunto i progressi significativi nello sviluppo del rivelatore.

La collaborazione lavora alla stesura del Technical Design Report (TDR), documento in cui saranno delineati gli obiettivi scientifici e le specifiche tecniche del rivelatore ePIC, che richiederanno lo sviluppo di nuove tecnologie e formeranno la prossima generazione di scienziati.

..... La collaborazione coinvolge oltre 850 fisici e ingegneri da più di 170 istituti e 25 nazioni, riflettendo l'importanza e la portata dell'impegno internazionale nel progetto EIC nella Collaborazione ePIC...

Nel cuore dei suggestivi Castelli Romani Villa Mondragone ha regalato un'atmosfera unica agli esponenti della comunità scientifica riuniti per discutere dei progressi della Collaborazione.

Il progetto è stato avviato il 19 dicembre 2019 con l'approvazione del CD-0 (*Mission Need*) e con la scelta, il 9 gennaio 2020, del Brookhaven National Laboratory (BNL) come sito di costruzione, dopo un processo di valutazione condotto dal Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti in collaborazione con la comunità

Il suo obiettivo è investigare la disposizione e le interazioni dei quark e dei gluoni, i costituenti fondamentali della materia visibile nell'universo, all'interno di un protone o di un neutrone.

I quark e i gluoni nei nucleoni, non sono infatti statici ma si muovono incessantemente, interagendo tra loro attraverso la forza nucleare forte.

EIC misurerà come questi costituenti si distribuiscono spazialmente, come contribuiscono alla quantità di moto totale dei nucleoni e come la loro dinamica e-



# Viaggio di studio al CERN 2025

Quattro giorni per esplorare il laboratorio di fisica delle particelle più grande e avanzato al mondo

di Umberto de Sanctis

**T**ra il 26 febbraio e il 1 marzo 2025 un gruppo eterogeneo di studenti di Fisica ha avuto l'opportunità unica di visitare il CERN – Centro Europeo per la Ricerca Nucleare, il laboratorio di fisica delle particelle più grande e avanzato al mondo, fulgido esempio di collaborazione internazionale tra scienziati di oltre cento nazioni, appartenenti a culture e ambienti diversi.

Gli studenti, provenienti dal terzo anno della Laurea Triennale, dalla Laurea Magistrale e dal Dottorato di Ricerca in Fisica, si sono mossi grazie all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) che ha coperto le spese di viaggio con l'obiettivo di offrire un contatto diretto con la ricerca scientifica di frontiera presente nel nostro dipartimento e di ampliare le loro prospettive culturali e professionali.

L'iniziativa ha offerto la possibilità di visitare dal vivo, in caverna, alcuni tra i rivelatori di particelle più grandi e tecnologicamente avanzati del mondo, quali ATLAS, LHCb: vere e proprie macchine fotografiche con le quali gli scienziati raccolgono i dati emergenti da miliardi di collisioni tra protoni fornite dal Large Hadron Collider (LHC) e li analizzano per indagare sui costituenti fondamentali della materia e sul loro ruolo nella formazione dell'Universo.

Il terzo giorno è stato dedicato alla visita della sala controllo di LHC e della struttura dove si assemblano i magneti superconduttori per LHC, assieme alla visita in caverna dell'esperimento NA62 che studia processi rarissimi che coinvolgono i mesoni K e dell'esperimento

..... Gli studenti, provenienti dal terzo anno della Laurea Triennale, dalla Laurea Magistrale e dal Dottorato di Ricerca in Fisica, si sono mossi grazie all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) che ha coperto le spese di viaggio con l'obiettivo di offrire un contatto diretto con la ricerca scientifica di frontiera...

AMS, un rivelatore agganciato alla Stazione Spaziale Internazionale in grado di rivelare particelle provenienti dal nostro Universo.

Non sono mancati poi i momenti dedicati alla componente divulgativa, con la visita al Science Gateway, il nuovo centro educativo del CERN concepito per rendere accessibili al pubblico e ai visitatori le idee fondamentali che guidano la fisica contemporanea e anche quelli legati alla socializzazione sia tra studenti che con i docenti.

Nel complesso, l'esperienza al CERN si è rivelata per gli studenti non solo un'occasione per approfondire concetti teorici e sperimentali appresi durante il percorso universitario, ma anche un'opportunità per comprendere la dimensione collaborativa e internazionale della ricerca scientifica, dove competenze di fisica, tecnologia e calcolo si integrano per affrontare alcune delle domande più profonde sulla natura della materia e dell'universo.



# L'evento **New directions in complex flows** ai Lincei

Un confronto scientifico tra i più autorevoli studiosi internazionali di fluidi complessi e turbolenza.

di Luca Biferale

**I 9 e 10 ottobre 2025, l'Accademia Nazionale dei Lincei a Palazzo Corsini ha ospitato il convegno *New Directions in Complex Flows*, importante confronto scientifico sulle nuove frontiere dello studio dei fluidi complessi e della turbolenza.**

internazionali nei campi della meccanica statistica fuori equilibrio, della fisica dei sistemi complessi e della modellazione dei flussi turbolenti.

Il programma, articolato in tre sessioni tematiche, ha spaziato dalle basi teoriche della turbolenza alle sfide emergenti legate al trasporto passivo e alla ma-

no gli interventi di studiosi di riferimento come Uriel Frisch e Roberto Benzi, entrambi premiati nel passato con la Medaglia Richardson, Giovanni Gallavotti, insignito del premio Boltzmann, e Itamar Procaccia, premio Israele per la Fisica. Particolarmente significativa è stata la partecipazione di Detlef Lohse, insignito della Medaglia Max Planck, con una relazione sui processi di fusione del ghiaccio e i tipping point dal laboratorio all'oceano, a testimonianza del legame tra ricerca fondamentale e grandi sfide ambientali contemporanee.

Il convegno si è concluso con l'intervento finale del Premio Nobel Giorgio Parisi, che ha sintetizzato i temi emersi e il loro impatto sul futuro della fisica dei sistemi complessi, celebrando inoltre i 60 anni del Prof. Luca Biferale, Professore Ordinario di Fisica Teorica del Dipartimento di Fisica di Tor Vergata.

Parisi ha valorizzato il contributo e il ruolo internazionale del gruppo di ricerca guidato da Biferale nello sviluppo di nuovi approcci teorici e computazionali allo studio dei flussi complessi e della turbolenza.

L'evento ha registrato 26 relatori e oltre 100 partecipanti in sala, tra cui tutti i ricercatori del gruppo di fisica dei sistemi complessi del Dipartimento: Prof. Mauro Sbragaglia, Prof. Giulio Cimini, Dott. Michele Buzzicotti, Dott. Lorenzo Piro, Dott. Fabio Guglietta, Dott. Nicolò Cocciaglia, Dott. Fabio Bonaccorso, Dott. Tiany Li e i collaboratori esterni Dott.ssa Alessandra S. Lanotte, Dott. Massimo Cencini, Dott.ssa Chiara Calascibetta, Dott.ssa Francesca Pelusi.

..... ha spaziato dalle basi teoriche della turbolenza alle sfide emergenti legate al trasporto passivo e alla materia attiva, fino all'integrazione tra dati, modelli fisici e machine learning.

L'evento, organizzato dal Centro Linceo Interdisciplinare Beniamino Segre, ha riunito alcuni tra i più autorevoli studiosi

terea attiva, fino all'integrazione tra dati, modelli fisici e machine learning.

Tra i contributi di maggior rilievo figura-



# Roberto Petronzio Lecture 2025

Quinta edizione del colloquio che celebra un maestro della fisica italiana  
di Giulia De Divitiis

**V**enerdì 9 maggio 2025, il Dipartimento di Fisica e la Sezione INFN di Roma Tor Vergata hanno commemorato la figura del Prof. Roberto Petronzio con un discorso tenuto dal Prof. Antonio Masiero, amico e collega di lunga data.

L'iniziativa, giunta alla sua quinta edizione, ha visto una partecipazione ampia e sentita della comunità accademica e scientifica, insieme ai familiari e agli amici di Roberto.

All'evento sono intervenuti il Rettore dell'Università di Roma Tor Vergata Nathan Levaldi Ghiron, Marco Ciuchini per la Giunta Esecutiva INFN, la Direttrice della Sezione INFN Roberta Sparvoli e il Direttore del Dipartimento di Fisica Lucio Cerrito.

Dai loro interventi è emerso il ritratto di uno scienziato di altissimo profilo, capace di coniugare eccellenza scientifica, visione manageriale e profonde qualità umane. È stato ricordato il suo ruolo centrale come docente, Presidente dell'INFN e promotore del progetto SuperB, simbolo della sua determinazione e della sua capacità di guardare al futuro della ricerca.

Nel seminario conclusivo, il Prof. Antonio Masiero ha delineato le principali frontiere della ricerca di nuova fisica oltre il Modello Standard, sottolineando la necessità di una forte sinergia tra approcci complementari: l'esplorazione di regimi di energia sempre più elevata e lo studio di fenomeni di bassa energia attraverso misure di altissima precisione.

Sono state presentate le prospettive dei test della matrice CKM, della ricerca di violazioni del flavour leptonic e delle misure di precisione del momento magnetico e del momento di dipolo elettrico dei leptoni.

Il seminario ha rappresentato non solo un aggiornamento scientifico di grande attualità, ma anche un omaggio al percorso condiviso con Roberto Petronzio, ricordato come esempio di passione, rigore e dedizione alla fisica, il cui lascito continua a ispirare la comunità scientifica.

----- uno scienziato di altissimo profilo, capace di coniugare eccellenza scientifica, visione manageriale e profonde qualità umane.



# Inaugurazione dei Corsi di Studio 2025

Premi, testimonianze e nuove opportunità per costruire il futuro insieme.

di Giovanni Romanelli, Luca Giovannelli, Maurizia Palummo e Roberto Senesi

**I 5 dicembre 2025, studenti e docenti del Dipartimento di Fisica si sono riuniti per l'inaugurazione dei Corsi di Studio in Fisica e in Scienza dei Materiali.**

L'evento, organizzato dai Prof. Giovanni Romanelli, Luca Giovannelli, Mau-

riizia Palummo e Roberto Senesi, ha offerto agli studenti dei primi anni uno spaccato sulla vita accademica del Dipartimento, sul percorso formativo e sulle numerose opportunità che vanno oltre le lezioni frontali.

riizia Palummo e Roberto Senesi, ha offerto agli studenti dei primi anni uno spaccato sulla vita accademica del Dipartimento, sul percorso formativo e sulle numerose opportunità che vanno oltre le lezioni frontali.

----- **Il percorso universitario può trasformarsi in una carriera di ricerca di successo, dimostrando che le competenze acquisite nel nostro Dipartimento aprono le porte ai più prestigiosi centri di ricerca.**

riizia Palummo e Roberto Senesi, ha offerto agli studenti dei primi anni uno spaccato sulla vita accademica del Dipartimento, sul percorso formativo e sulle numerose opportunità che vanno oltre le lezioni frontali.

La giornata si è svolta presso l'aula T1 - Chiarotti della Macroarea di Scienze.

L'aula didattica, utilizzata per gli inse-

gnamenti di Fisica di molti corsi della Macroarea, ospita una ricca collezione di affascinanti apparati sperimentali, alcuni dei quali sono stati presentati durante l'evento grazie al contributo del Dott. Casini e della Prof.ssa Sgarlata.

L'inaugurazione si è aperta con l'intervento del Prof. Chiaradia, già Professo-

mento di Fisica e dalla Sezione I.N.F.N. di Tor Vergata.

Il racconto di Porro, dalla laurea a Tor Vergata al dottorato a Genova, ha mostrato come le competenze acquisite nel nostro Dipartimento possano aprire le porte ai più prestigiosi centri di ricerca nazionali ed europei e a una carriera di ricerca di successo.

La Prof.ssa Di Ciaccio ha successivamente illustrato le opportunità offerte dai programmi Erasmus, evidenziandone il valore come esperienza fondamentale di crescita accademica e personale.

L'evento è proseguito con la premiazione delle migliori studentesse e dei migliori studenti dei Corsi di Laurea in Fisica e in Scienza dei Materiali, nonché di coloro che hanno completato i Percorsi di Eccellenza nelle Lauree in Fisica: riconoscimenti che arricchiscono il curriculum già all'inizio della carriera universitaria.

Hanno inoltre preso parte all'iniziativa i rappresentanti degli studenti nella Commissione Paritetica del Dipartimento, che hanno sottolineato l'importanza di vivere pienamente la vita accademica anche attraverso la partecipazione ai processi di Assicurazione della Qualità.

L'ampia partecipazione all'evento ha confermato come occasioni di questo tipo contribuiscano in modo concreto alla costruzione della comunità scientifica, creando un legame tra generazioni diverse di docenti e studenti, alcuni dei quali faranno parte della classe di riferimento culturale e scientifica dell'Italia nei prossimi anni.



# Inaugurazione dell'Aula Sergio Tazzari

Memoria, riconoscenza e visione futura per un maestro della fisica

di Alessandro Cianchi

**L'**inaugurazione dell'Aula di Fisica della Materia intitolata a Sergio Tazzari ha rappresentato un momento di particolare valore simbolico e scientifico per il Dipartimento, unendo memoria, riconoscenza e visione futura.

La cerimonia è stata ufficialmente aperta dal Rettore Nathan Levaldi Ghiron, che ha sottolineato l'importanza di preservare e trasmettere l'eredità culturale e umana dei grandi protagonisti della comunità accademica.

All'evento hanno partecipato oltre ottanta persone, tra docenti, ricercatori, studenti, personale tecnico-amministrativo ed ex allievi, a testimonianza del profondo legame che Sergio Tazzari ha saputo costruire nel corso della sua carriera.

Particolarmente toccante è stato il contributo audiovisivo proiettato durante la cerimonia, nel quale numerosi scienziati di fama internazionale hanno ricordato l'opera scientifica, l'impegno didattico e le qualità umane del Professore, offrendo un quadro vivido della sua influenza nel panorama della fisica.

Alla cerimonia erano presenti la moglie e i figli di Sergio Tazzari, la cui partecipazione ha conferito all'evento un ulteriore significato emotivo, trasformando l'inaugurazione in un autentico momento di condivisione tra dimensione accademica e dimensione personale.

Sergio Tazzari, fisico di fama internazionale, ha dedicato la sua carriera allo studio degli acceleratori di particelle e alla fisica sperimentale delle alte energie. Il

..... L'Aula Sergio Tazzari diventa così non solo uno spazio fisico, ma un luogo di memoria attiva, ispirazione e continuità, capace di ricordare alle nuove generazioni il valore della passione, del rigore e della visione.

suo lavoro presso i Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN e la sua attività didattica hanno formato generazioni di fisici, lasciando un'impronta indelebile nella comunità scientifica italiana ed europea. L'iniziativa, organizzata dal Prof. Alessandro Cianchi, non si è limitata a celebrare il passato, ma ha voluto anche guardare al presente e al futuro. Nel corso dell'incontro sono infatti state presentate le attività dei Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN e il progetto europeo EuPRAXIA, simboli di una ricerca che continua a rinnovarsi nel solco dell'eccellenza scientifica.

L'Aula Sergio Tazzari diventa così non solo uno spazio fisico, ma un luogo di memoria attiva, ispirazione e continuità, capace di ricordare alle nuove generazioni il valore della passione, del rigore e della visione che hanno caratterizzato l'opera del Professore e che continuano a rappresentare un punto di riferimento per l'intero Dipartimento.



# Giornata di studi per la programmazione delle attività di ricerca

Attività e prospettive di ogni area del Dipartimento, in vista della programmazione triennale 2025-2027

di Lucio Cerrito

**I 22 settembre 2025 si è tenuta una nuova iniziativa rispetto agli anni passati: la giornata di studi per la programmazione delle attività di ricerca del Dipartimento, finalizzata alla presentazione e la discussione delle ricerche, in preparazione alla programmazione triennale del piano di assunzione e progressione per docenti e ricercatori 2025/2027.**

L'area di **Astrofisica** ha aperto la sessione ripercorrendo brevemente la nascita del gruppo di astrofisica e fisica dello spazio di Roma Tor Vergata. Ha poi elencato le numerose ricerche presentate, dalla scala più grande a quella più piccola, riguardanti la cosmologia, l'astrofisica extra-galattica, l'astrofisica stellare, gli esopianeti e la fisica solare e dello spazio circumterrestre.

L'Area di **Fisica Applicata** ha ripercorso le variegate attività che spaziano dalla fisica dei sistemi biologici e del sistema uditivo, alla fisica nucleare applicata alla medicina e all'astrofisica, fino ad arrivare alla fisica degli acceleratori compatti e dei neutroni per applicazioni multidisciplinari.

Profondamente radicata nella storia del Dipartimento è anche la ricerca in **Fisica della Materia**.

Oggi le attività nel Dipartimento si articolano nelle ricerche di nuovi materiali, inclusi quelli bidimensionali per l'optoelettronica e il fotovoltaico, per lo stoccaggio di energia e il calcolo avanzato, caratterizzati con tecniche di crescita e-

pitassiale e spettroscopie elettroniche, nanomateriali e nanostrutture.

La spettroscopia fotoelettronica è utilizzata altresì nell'esame degli strati di aminoacidi per studiare lo sviluppo della vita sulla Terra.

Nell'ambito del comportamento quantistico sono studiate la sintesi e la caratterizzazione di strati superconduttori e giunzioni. Le ricerche sperimentali vengono affiancate nel Dipartimento dalle modellizzazioni teoriche della teoria quantistica a molti corpi e dalle modellizzazioni teorico-computazionali dei materiali complessi ed innovativi.

L'Area di **Fisica Teorica** ha presentato importanti direttrici di ricerca quali la fisica teorica dei sistemi complessi, la fenomenologia del modello standard delle particelle elementari e la modellizzazione di nuova fisica con teorie delle stringhe, supersimmetria e gravità.

La chiusura delle presentazioni è stata assegnata alla **Fisica Sperimentale delle Interazioni Fondamentali**, che affronta le proprietà microscopiche dello spazio-tempo attraverso le ricerche nel Dipartimento in fisica delle alte energie agli acceleratori, la fisica nucleare ed adronica, la fisica delle particelle di origine astronomica, la fisica delle onde gravitazionali e quella passiva studiata in ambiente sotterraneo dei processi rari.

Nel complesso è stato un incontro denso di scienza che ha fornito una panoramica sui progressi recenti, mostrando indizi e tracce di quelli in arrivo.

# Menzione Speciale SIF per Marco Giammei

Un dottorando di Tor Vergata premiato per la ricerca sui neutrini con l'esperimento NUCLEUS

**A** I 111° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica di Palermo, a settembre 2025, Marco Giammei, dottorando del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma Tor Vergata, ha ricevuto una **Menzione Speciale per la presentazione *Studio dello scattering coerente neutrino-nucleo con l'esperimento NUCLEUS.***

Laureato presso l'Università Sapienza, Marco è borsista del 39° ciclo di Dottorato in Fisica di Tor Vergata sotto la supervisione del Dott. Riccardo Cerulli, e svolge la sua ricerca nell'ambito dell'esperimento NUCLEUS, dedicato allo studio della diffusione elastica coerente dei neutrini sui nuclei (CEvNS). Questo fenomeno, previsto dal Modello Standard ma estremamente raro, richiede rivelatori ad altissima sensibilità per essere osservato.

L'apparato di NUCLEUS sarà installato presso la centrale nucleare di Chooz (Francia), dove i reattori costituiscono una sorgente intensa di antineutrini. La sfida principale consiste nell'identificare i rinculi nucleari prodotti dai neutrini distinguendoli dal fondo ambientale, mediante un sofisticato sistema di schermature e veti attivi.

Marco Giammei ha avuto un ruolo importante nello sviluppo, assemblaggio e analisi dati del sistema di veto criogenico basato su rivelatori di Germanio, svolgendo la sua attività sia a Tor Vergata sia presso l'Università Tecnica di Monaco (TUM), dove l'esperimento è stato sviluppato.

Nella presentazione al Congresso ha illustrato gli obiettivi scientifici di NUCLEUS e i recenti risultati nella preparazione del setup sperimentale e nello sviluppo del veto di Germanio.

La commissione ha apprezzato la completezza, chiarezza e rigore della presentazione, assegnando la Menzione Speciale, un riconoscimento che porterà Marco alla pubblicazione di un articolo al proposito sulla rivista Il Nuovo Cimento della SIF.

..... **Marco Giammei ha avuto un ruolo importante nello sviluppo, assemblaggio e analisi dati del sistema di veto criogenico basato su rivelatori di Germanio...**



# Premio Raffaele Tripiccione INFN a Damiano Capocci

Un riconoscimento per l'eccellenza nella ricerca sulla turbolenza (magneto) idrodinamica

**I Dott. Damiano Capocci ha ricevuto dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) il Premio Raffaele Tripiccione per la rilevanza e l'originalità dei risultati raggiunti nel lavoro di tesi di dottorato dal titolo *Governing physical mechanisms in (magneto) hydrodynamic turbulence*, svolto sotto la supervisione del Prof. Luca Biferale, presso l'Università di Roma Tor Vergata e nell'ambito del progetto ERC Smart-TURB.**

La tesi è dedicata all'identificazione e alla caratterizzazione dei processi fisici fondamentali che governano la turbolenza magnetoidrodinamica e la sua

..... La tesi è dedicata all'identificazione e alla caratterizzazione dei processi fisici fondamentali che governano la turbolenza magnetoidrodinamica attraverso l'impiego di metodi analitici e tecniche computazionali ad alte prestazioni.

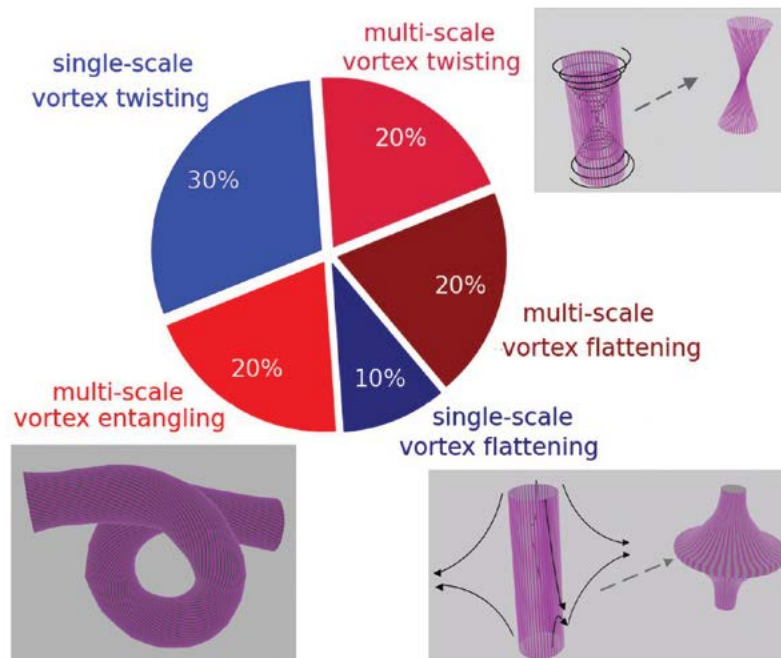
controparte puramente idrodinamica, attraverso l'impiego di metodi analitici e tecniche computazionali ad alte prestazioni.

Il Premio Raffaele Tripiccione, istituito dall'INFN in memoria del fisico Raffaele Tripiccione, riconosce ogni anno le migliori tesi di dottorato italiane nell'ambito

del calcolo ad alte prestazioni applicato alla fisica.

Il lavoro di Capocci ha già prodotto risultati significativi: l'articolo di ricerca *Energy Flux Decomposition in Magneto-hydrodynamic Turbulence*, nato dal lavoro di tesi e pubblicato sul *Journal of Plasma Physics*, è stato selezionato come featured article dalla rivista, che ha inoltre invitato Capocci a presentare la propria attività di ricerca all'evento *Frontiers in Plasma Physics Colloquium*.

L'attività svolta nel lavoro di tesi ha inoltre dato origine a progetti di ricerca dottorali e post-dottorali, dimostrando l'impatto duraturo della ricerca condotta presso il Dipartimento di Fisica di Tor Vergata nel campo della turbolenza e dei fluidi complessi.



# Premio SOCINT/G-Research a Chiara Calascibetta

Una tesi di dottorato su turbolenza e intelligenza artificiale premiata al Senato

**I 23 gennaio 2025, Chiara Calascibetta ha ricevuto il Premio SOCINT/G-Research, assegnato alle tre migliori tesi di dottorato italiane in Matematica, Fisica teorica, Informatica, Ingegneria informatica, Intelligenza Artificiale e Data Science.**

Chiara ha conseguito il dottorato di ricerca in Fisica presso l'Università di Roma Tor Vergata nel dicembre 2024, sotto la supervisione del Prof. Luca Biferale e del Dott. Massimo Cencini (CNR-ISC).

La sua tesi, *Active control of Lagrangian particle transport in complex and turbulent flows* è stata selezionata tra oltre 100 progetti provenienti da 33 atenei italiani. Il lavoro integra metodi analitici di teoria del controllo ottimale all'intelligenza artificiale per studiare la dinamica di particelle attive in turbolenza.

Durante la premiazione al Senato della Repubblica, la tesi della Dott.ssa Calascibetta è stata presentata richiamando il ruolo storicamente pionieristico della fisica nell'uso dei calcolatori, sostenendo come l'IA consenta oggi di pianificare dinamiche in sistemi fortemente caotici, rappresentando l'evoluzione naturale del rapporto tra fisica e computazione.

Il percorso accademico di questa brillante ricercatrice si è sviluppato a Tor Vergata, dove ha conseguito la laurea triennale, la laurea magistrale e il dottorato in Fisica, lavorando fin dall'inizio nell'area teorica dei sistemi complessi. L'eccellenza scientifica dell'ambiente di ricerca, unita a un contesto aperto al

..... L'eccellenza scientifica dell'ambiente di ricerca, unita a un contesto aperto al confronto internazionale, le ha permesso di partecipare a oltre 30 eventi scientifici e sviluppare collaborazioni nazionali e internazionali.

confronto internazionale, le ha permesso di partecipare a oltre 30 eventi scientifici e sviluppare collaborazioni nazionali e internazionali.

A proposito del premio, Chiara osserva: "Questo riconoscimento ha rappresentato per me una conferma della qualità del percorso scientifico intrapreso, in

una fase cruciale di transizione verso maggiore indipendenza. Attualmente sono ricercatrice post-doc a Nizza, dove sto sviluppando una nuova linea di ricerca più indipendente e preparando proposte progettuali internazionali."



RIFLETTORI ACCESI SUL NOSTRO MONDO

# Premio SIF Ettore Pancini 2025 ad Alice Leoncini

Un traguardo per la ricerca sui cristalli scintillatori e il decadimento doppio beta

**L**a Dott.ssa Alice Leoncini ha ricevuto il Premio SIF Ettore Pancini 2025 per: “i contributi in fisica nucleare nello sviluppo e nella caratterizzazione di cristalli scintillatori innovativi altamente radiopuri, grazie ai quali sono stati ottenuti nuovi risultati sul decadimento doppio beta di  $^{106}\text{Cd}$  e  $^{94,96}\text{Zr}$ ”.

Il Premio Ettore Pancini rappresenta un riconoscimento di grande valore nel panorama della fisica italiana, in quanto valorizza il lavoro di giovani ricercatori che hanno conseguito risultati significativi in fisica nucleare e subnucleare, contribuendo a sostenere e rafforzare la nuova generazione della ricerca scientifica.

L'attività di ricerca di Leoncini si colloca principalmente nell'ambito della fisica astroparticellare e dello studio di fenomeni rari in laboratori sotterranei, come i Laboratori Nazionali del Gran

..... Spingere la sensibilità sperimentale verso livelli sempre più ambiziosi rappresenta una chiave fondamentale per intercettare segnali di nuova fisica e ottenere risposte a domande ancora aperte.

Sasso (LNGS), dove l'osservazione di processi estremamente poco probabili richiede rivelatori innovativi e ambienti sperimentali con livelli di fondo eccezionalmente bassi.

Un elemento centrale del suo lavoro è lo sviluppo di materiali scintillanti ad altissima radiopurezza, impiegati in esperimenti presso i LNGS.

Questa attività, avviata durante la tesi di laurea magistrale e proseguita nel corso del dottorato sotto la supervisione del Dott. Pierluigi Belli, integra sviluppo stru-

mentale, analisi dati e interpretazione fisica dei risultati nell'ambito della fisica nucleare, subnucleare e astroparticellare.

Come sottolineato dalla stessa Leoncini: “spingere la sensibilità sperimentale verso livelli sempre più ambiziosi rappresenta una chiave fondamentale per intercettare segnali di nuova fisica e ottenere risposte a domande ancora aperte”.

Il riconoscimento del Premio Pancini testimonia come la ricerca condotta a Tor Vergata contribuisca in modo significativo a questo obiettivo scientifico.



# ERC Starting Grant 2025 a Tommaso Giovannini

Il progetto CHOPIN per la catalisi plasmonica e la sostenibilità energetica

**I Dott. Tommaso Giovannini ha ottenuto un ERC Starting Grant 2025 per il progetto CHOPIN (*atomistic approaches for plasmonic photo induced phenomena*), dedicato allo sviluppo di modelli teorico-computazionali per lo studio dei processi fotoindotti mediati da plasmoni superficiali localizzati, eccitati da radiazione elettromagnetica in nanostrutture, generalmente nanoparticelle metalliche.**

Le proprietà ottiche ed elettroniche di queste nanostrutture consentono di attivare processi fotoindotti, incluse reazioni chimiche.

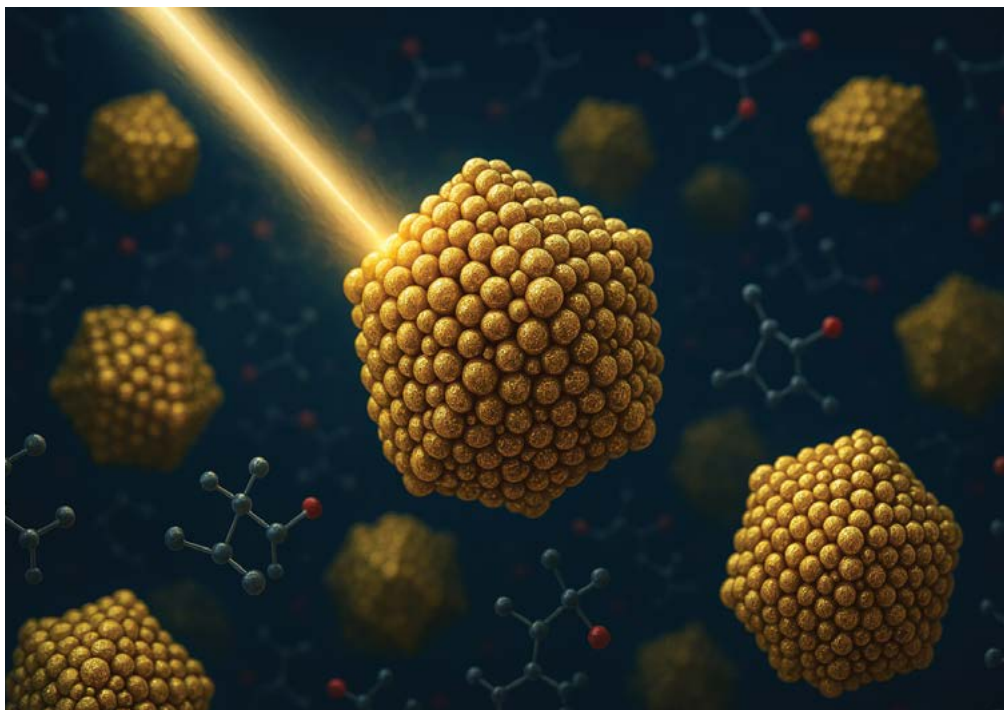
L'interesse per questo ambito, denominato catalisi plasmonica, è legato al suo potenziale in termini di sostenibilità energetica, poiché permette di sostituire condizioni drastiche, come alte temperature o pressioni elevate, con l'uso diretto della luce.

Nonostante risultati sperimentali molto promettenti, tra cui la riduzione dell'anidride carbonica e la produzione di idrogeno, una comprensione teorica completa di questi processi è tuttora mancante a causa della complessità intrinseca del fenomeno. È infatti necessario descrivere simultaneamente la dinamica di reazione, la risposta elettromagnetica della nanostruttura, il decadimento plasmonico e la conseguente generazione di portatori caldi, processi che avvengono su scale temporali e spaziali molto diverse.

..... L'interesse per la catalisi plasmonica è legato al suo potenziale in termini di sostenibilità energetica, poiché permette di sostituire condizioni drastiche con l'uso diretto della luce.

Nel periodo 2026-2031, il progetto CHOPIN affronterà questa sfida sviluppando metodologie completamente atomistiche, classiche e multiscala, che integrano chimica teorica, fisica della materia condensata ed elettrodinamica quantistica. Questi sviluppi si basano su risultati recenti che hanno anche portato all'assegnazione a Giovannini del Premio Eolo Scrocco 2025, indetto dalla Divisione Chimica Teorica e Computazionale della Società Chimica Italiana.

Il finanziamento ERC consentirà la creazione di un team dedicato, l'acquisizione di un nuovo cluster ad alte prestazioni (HPC) e lo sviluppo di un toolbox computazionale predittivo, capace di creare un ponte tra teoria ed esperimento e di rendere possibile un design in silico di nuovi nanoreattori più efficienti e sostenibili.



## RIFLETTORI ACCESI SUL NOSTRO MONDO

### Viviana Fafone Socia Benemerita della Società Italiana di Fisica

Un riconoscimento per i contributi alla fisica delle astroparticelle e alle onde gravitazionali



Per gentile concessione della Società Italiana di Fisica

**A**l 111° Congresso nazionale della Società Italiana di Fisica (SIF), tenutosi a Palermo nel settembre 2025, la Prof.ssa Viviana Fafone ha ricevuto il riconoscimento di Socia Benemerita per i “rilevanti contributi alla fisica delle astroparticelle e alla Società Italiana di Fisica”.

Il titolo di Socio Benemerito della SIF è un riconoscimento che la Società Italiana di Fisica conferisce a scienziati che si sono distinti per contributi alla ricerca e per il loro impegno nella promozione della fisica italiana. Il riconoscimento sottolinea non solo l'eccellenza scientifica, ma anche il contributo alla comunità fisica nazionale.

Non si tratta della prima menzione significativa nella carriera della Prof.ssa Fafone: nel 1993 ha ricevuto il Premio della SIF dedicato ai migliori giovani fisici e nel 2002 il Premio della Società Italiana di Relatività Generale e Fisica della Gravitazione per “il contributo dato al campo della Relatività e della Gravitazione negli esperimenti con rivelatori risonanti e negli studi, sia sperimentali sia teorici, su rivelatori di onde gravitazionali di nuova generazione”.

Dal 2005 la Prof.ssa Fafone svolge la propria attività di ricerca presso il Dipartimento di Fisica di Tor Vergata, dedicandosi allo sviluppo di nuove tecnologie per il potenziamento dei rivelatori di onde gravitazionali.

È stata per molti anni responsabile nazionale dell'esperimento Virgo, l'interferometro europeo la cui collaborazione scientifica ha contribuito, insieme a LIGO, alla prima rivelazione diretta di onde gravitazionali nel 2015, scoperta premiata con il Premio Nobel per la Fisica nel 2017.

Attualmente guida dal 2006 il gruppo Virgo del Dipartimento di Fisica e dal 2022 il gruppo Einstein Telescope, il futuro osservatorio europeo di onde gravitazionali di nuova generazione che rappresenta la frontiera della ricerca in questo campo.

Il riconoscimento di Socia Benemerita celebra una carriera che ha attraversato le tappe fondamentali della fisica delle onde gravitazionali, dalla teoria alla sperimentazione pionieristica, fino alla leadership nei progetti di nuova generazione, consolidando il ruolo di Tor Vergata in uno dei campi più innovativi della fisica contemporanea.

### Accademia Europaea: Luca Biferale tra i Membri Eletti

Un traguardo per la fisica della turbolenza e dei sistemi complessi di Tor Vergata

**L**uca Biferale, docente del Dipartimento di Fisica, è stato eletto membro dell'Accademia Europaea nella classe di Physics and Engineering Sciences.

Fondata nel 1988, l'Accademia Europaea è un'istituzione scientifica internazionale che riunisce ricercatrici e ricercatori di eccellenza con l'obiettivo di promuovere la ricerca di frontiera, il dialogo interdisciplinare e il contributo della conoscenza scientifica alle politiche europee.

Il Prof. Biferale è riconosciuto a livello internazionale per i suoi studi sulla turbolenza,

sui sistemi complessi e sull'applicazione di metodi computazionali e di intelligenza artificiale alla fisica dei fluidi. L'ingresso nell'Accademia Europaea offrirà nuove opportunità e visibilità per sviluppare collaborazioni scientifiche a livello europeo e internazionale, rafforzando la partecipazione a reti di ricerca, progetti interdisciplinari e iniziative volte allo sviluppo di nuove prospettive e programmi di ricerca.

Con questa nomina, il Prof. Biferale si unisce ai 38 membri italiani della classe di Fisica e Ingegneria.

# Quando l'AI incontra lo studio della turbolenza

Il Progetto DeepFL del prof Buzzicotti ottiene un finanziamento ministeriale FIS

**I Dott. Michele Buzzicotti ha ottenuto un finanziamento nel programma ministeriale FIS (Future in Research) per il progetto DeepFL, un programma di ricerca triennale dedicato allo sviluppo di nuovi strumenti data-driven per l'analisi quantitativa e la modellizzazione dei flussi turbolenti complessi e multi-scala, uno dei problemi aperti più rilevanti della fisica dei sistemi fuori equilibrio.**

La turbolenza è infatti alla base di numerosi fenomeni naturali e applicativi, dall'atmosfera agli oceani, fino a molti processi ingegneristici. La sua descrizione quantitativa rimane però a tutt'oggi una delle sfide più difficili della fisica moderna.

L'obiettivo scientifico di DeepFL è integrare metodi avanzati di intelligenza artificiale con la fisica fondamentale della dinamica dei fluidi. Superando i limiti degli approcci puramente statistici, il progetto punta a ricostruire in modo affidabile informazioni mancanti a partire da osservazioni parziali e rumorose di flussi turbolenti, contribuendo a migliorare le attuali capacità osservative e previsionali, senza perdere il controllo sulle corrette proprietà fisiche e statistiche dei sistemi studiati.

Il finanziamento permetterà la creazione di un gruppo di ricerca dedicato, composto da 3/4 post-doc e da un tecnologo che seguirà per tutta la durata del progetto la gestione e la manutenzione dell'infrastruttura di calcolo. Fin

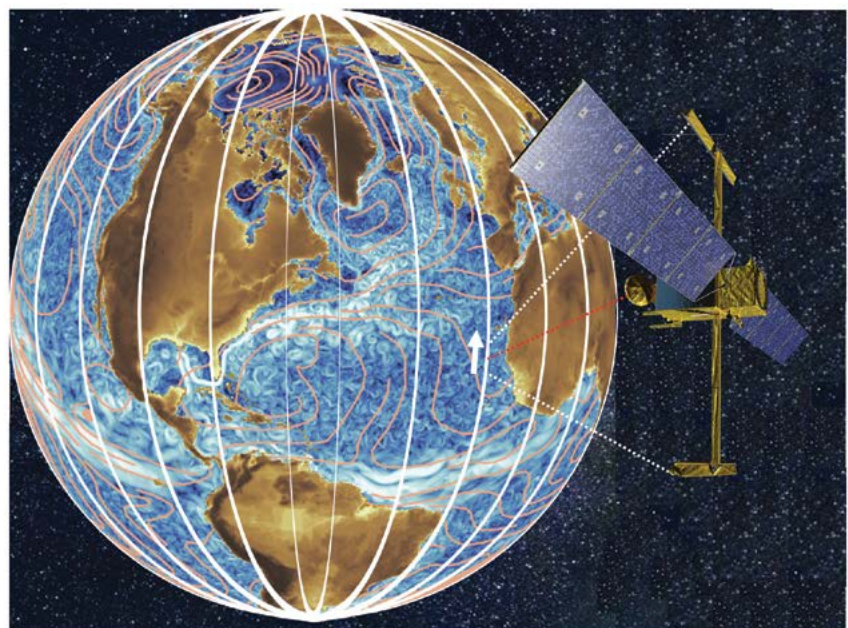
dalle fasi iniziali, il progetto potrà contare su un server dedicato equipaggiato con otto GPU Nvidia B200, attualmente tra le più potenti disponibili sul mercato: elementi chiave per lo sviluppo di simulazioni numeriche avanzate e per l'addestramento dei modelli di intelligenza artificiale.

Tra i risultati attesi figurano nuovi protocolli per la modellizzazione dei flussi turbolenti, con importanti ricadute in

ambito geofisico, dalla climatologia alla modellistica oceanica.

DeepFL prevede inoltre un forte impegno nella open science: attraverso il portale Smart-Turb, dati, codici e strumenti sviluppati saranno messi a disposizione della comunità scientifica internazionale, favorendo collaborazioni e progresso condiviso.

**..... Integrare metodi avanzati di intelligenza artificiale con la fisica fondamentale della dinamica dei fluidi: una sfida che unisce ricerca di base e applicazioni, dall'atmosfera agli oceani.**



# Medaglia INFN al Prof. Piergiorgio Picozza

Una carriera dedicata alla fisica astroparticellare e ai raggi cosmici

**L'**8 luglio 2025, durante le giornate di studio del Piano Triennale INFN, il Prof. Piergiorgio Picozza, Professore Emerito dell'Università di Roma Tor Vergata e ricercatore di lunga data dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), ha ricevuto la Medaglia INFN per: "una carriera scientifica dedicata all'INFN e per i suoi contributi al progresso della fisica astroparticellare".

Il Prof. Picozza è una delle figure più autorevoli della fisica spaziale italiana e internazionale.

Tra i suoi principali contributi si annoverano la partecipazione e la guida di importanti esperimenti spaziali internazionali, come PAMELA, lanciato nel 2006, operativo per quasi dieci anni in orbita terrestre. Sviluppato con una forte partecipazione italiana e coordinato scientificamente proprio dal Prof. Picozza, PAMELA, ha fornito risultati fondamentali nello studio dei raggi cosmici, rivelando per la prima volta un eccesso di positroni ad alta energia nell'ambiente spaziale terrestre.

Si tratta di una scoperta che ha avuto vaste implicazioni sia per la fisica delle particelle che per l'astrofisica, aprendo nuove prospettive sul tema della materia oscura e sulla propagazione dei raggi cosmici nella galassia.

Il Prof. Picozza ha anche contribuito in modo significativo allo sviluppo di nuove tecnologie per rivelatori spaziali e alla formazione di intere generazioni di ricercatori, costruendo un solido ponte

tra la fisica delle alte energie e la ricerca astrofisica spaziale.

Anche grazie all'impulso di Picozza, la Sezione INFN di Roma Tor Vergata rappresenta oggi uno dei principali centri di eccellenza in Italia nel campo della fisica spaziale e astroparticellare, collaborando con agenzie come ASI e NASA e numerosi istituti internazionali.

Oltre alla ricerca sperimentale, la sezione INFN Roma Tor Vergata si distingue per la capacità di integrare competenze multidisciplinari in elettronica, ingegneria spaziale, modellistica e analisi dati, collaborando con agenzie spaziali come l'ASI e la NASA, nonché con numerosi istituti di ricerca e università internazionali.

..... Anche grazie all'impulso di Picozza, la Sezione INFN di Roma Tor Vergata rappresenta oggi uno dei principali centri di eccellenza in Italia nel campo della fisica spaziale e astroparticellare, collaborando con agenzie come ASI e NASA e numerosi istituti internazionali



# Le Collaborazioni dell'LHC Vincono il Breakthrough Prize 2025

ATLAS, CMS, ALICE e LHCb premiate per la fisica fondamentale

di Anna di Ciaccio

**L**e quattro grandi collaborazioni internazionali che operano al Large Hadron Collider (LHC) del CERN – ATLAS, CMS, ALICE e LHCb – sono state insignite congiuntamente del Breakthrough Prize 2025 per la Fisica Fondamentale, uno dei riconoscimenti più prestigiosi al mondo nel campo della ricerca scientifica.

Il premio celebra il lavoro di migliaia di scienziati, ingegneri e tecnici provenienti da oltre 70 Paesi, i cui sforzi congiunti durante il secondo periodo di presa dati dell'LHC hanno portato a risultati di straordinaria importanza per la fisica delle particelle. Le ricerche hanno consentito progressi decisivi nello studio del bosone di Higgs, nell'esplorazione del plasma di quark e gluoni e nella comprensione delle asimmetrie tra materia e antimateria, oltre a fornire nuove informazioni sulla struttura interna degli adroni.

ATLAS e CMS sono state premiate per le misure di precisione sul bosone di Higgs e per il chiarimento del suo ruolo nel meccanismo che conferisce massa alle particelle fondamentali. ALICE ha ricevuto il riconoscimento per le sue ricerche sullo stato primordiale della materia, esistente nei primi istanti dopo il Big Bang, mentre LHCb è stata celebrata per le sue scoperte nella fisica del flavour e per i test delle simmetrie fondamentali della natura.

Il riconoscimento assume un significato particolare anche per il Dipartimento di

..... Una trentina tra ricercatori e tecnici del Dipartimento di Fisica e della sezione INFN di Tor Vergata sono stati parte attiva e determinante in tutte le fasi degli esperimenti sin dalla nascita delle collaborazioni ATLAS e LHCb.

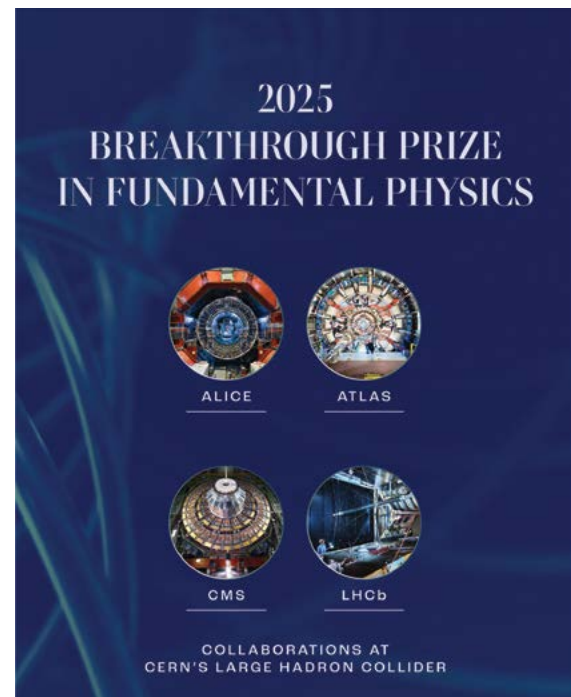
Fisica e la sezione INFN dell'Università di Roma Tor Vergata, poiché una trentina tra i suoi ricercatori e tecnici sono stati parte attiva e determinante in tutte le fasi degli esperimenti sin dalla nascita delle collaborazioni ATLAS e LHCb, contribuendo alla costruzione e assemblaggio dei grandi rivelatori (in particolare dei rivelatori di trigger RPC), all'analisi dei dati e alla gestione dei team di ricerca, a conferma del solido legame tra il CERN e la comunità scientifica di Roma Tor Vergata.

Il premio, pari a 3 milioni di dollari, sarà interamente devoluto alla CERN & Society Foundation e destinato al sostegno di borse di dottorato e programmi di formazione per giovani ricercatori al CERN, contribuendo alla crescita della prossima generazione di scienziati.

Istituito nel 2012, il Breakthrough Prize è considerato uno dei massimi riconoscimenti per la ricerca fondamentale. L'edizione 2025 sottolinea non solo l'eccellenza scientifica raggiunta dalle collaborazioni dell'LHC, ma anche lo spirito di cooperazione internazionale che da sempre caratterizza la missione del CERN.

Mentre l'LHC è impegnato nel Run 3 e

guarda alla futura fase dell'High-Luminosity LHC (HL-LHC), le collaborazioni continuano a spingere i limiti della precisione e della scoperta, aprendo nuove prospettive per la comprensione dell'universo.



# Due borse per studiare la fisica in Europa

Il Dipartimento investe sulla mobilità internazionale degli studenti

di Anna di Ciaccio

**S**tudiare la fisica significa confrontarsi con una comunità scientifica che non conosce confini. È con questo obiettivo che il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma Tor Vergata ha attivato, per l'anno accademico 2025/2026, due borse di studio dedicate alla mobilità internazionale degli studenti dei corsi di laurea in Fisica, Scienza dei Materiali e Scienza dell'Universo.

L'iniziativa affianca il programma Erasmus+ per lo studio e offre un contributo economico aggiuntivo per sostenere concretamente gli studenti selezionati durante il periodo di permanenza all'estero. Un investimento mirato che rafforza il ruolo dell'internazionalizzazione nella formazione scientifica e valorizza l'esperienza di studio in contesti accademici europei.

Per chi studia fisica, un periodo all'estero rappresenta spesso una tappa fondamentale del percorso universitario.

La mobilità internazionale consente di confrontarsi con nuovi approcci didattici e sperimentali, migliorando le competenze linguistiche e sviluppando capacità trasversali sempre più richieste anche dal mondo del lavoro, come autonomia e adattamento a contesti multiculturali.

Le due borse, del valore di 1.500 euro ciascuna e finanziate con fondi del Dipartimento, si sommano alla borsa Erasmus+ e contribuiscono a coprire parte delle spese legate al soggiorno all'estero. L'erogazione avviene in due fasi ed è subordinata allo svolgimento di un periodo

minimo di tre mesi e al conseguimento dei crediti formativi previsti.

Nel corrente anno accademico, le borse sono state assegnate a Mauro Segreti, in mobilità presso l'Università di Ginevra, e a Luca Michelini, impegnato in un periodo di studio presso l'Università Autonoma di Barcellona.

Attraverso questa iniziativa, il Dipartimento di Fisica di Tor Vergata conferma l'impegno nel formare studenti capaci di muoversi in un contesto scientifico globale, investendo sul loro futuro e sulla qualità della formazione universitaria.

..... **L'iniziativa affianca il programma Erasmus+ per lo studio e offre un contributo economico aggiuntivo per sostenere concretamente gli studenti selezionati durante il periodo di permanenza all'estero...**



# STEM al Femminile: ispirazioni e percorsi di donne nella scienza

Una giornata per promuovere l'interesse verso le carriere scientifiche contrastando i divari di genere

di Maurizia Palummo

**I 4 febbraio 2025, nell'ambito della Settimana nazionale delle discipline scientifiche, tecnologiche, ingegneristiche e matematiche (STEM) promossa dal Ministero dell'Università e della Ricerca, si è svolto all'Università di Roma Tor Vergata l'evento STEM al Femminile: Ispirazioni e Percorsi di Donne nella Scienza presso l'Aula T1 della Macroarea di Scienze MM.FF.NN.**

L'iniziativa ha avuto l'obiettivo di promuovere l'interesse verso le carriere scientifiche e tecnologiche, sottolineando l'importanza della presenza femminile nei percorsi STEM e contribuendo a contrastare i divari di genere ancora molto presenti in questi campi.

La giornata ha visto una serie di interventi stimolanti, aperti dai saluti della Prof.ssa Palummo, seguiti da un contributo della Docente d'onore Elisabetta Strickland sul tema: *Le Nobeldonne in Medicina, Fisica e Chimica*.

Successivamente la Prof.ssa Palummo ha condiviso la sua esperienza personale di percorso accademico dal liceo classico alla carriera accademica nell'ambito della fisica della materia, mentre la Prof.ssa Sonia Melino ha presentato una riflessione su come realizzare se stessi lavorando con passione nella scienza.

La tavola rotonda *Donne e Scienza: Sfide e Opportunità*, moderata dalla Prof.ssa Palummo, ha dato voce a docenti come le Prof.sse Federica Caselli, Emanuela Tamburri e Lucia Caramellino, insieme a giovani ricercatrici ed ex-studen-

## ..... le testimonianze dirette di donne che operano in settori legati alla scienza e alla tecnologia possono abbattere molti stereotipi

tesse attive nei settori pubblico e privato. L'iniziativa si è conclusa con visite guidate ai laboratori della Macroarea di Scienze, coordinate dalla Prof.ssa Sgarlata e dalla Dr.ssa Lettieri, offrendo alle partecipanti l'opportunità di entrare in contatto diretto con le attività sperimentali, le infrastrutture di ricerca e le applicazioni concrete della scienza dei materiali e delle discipline affini.

Le visite hanno rappresentato un momento particolarmente apprezzato, rafforzando l'impatto orientativo dell'evento e contribuendo a rendere più tangibile il percorso universitario e professionale in ambito STEM.

L'evento ha registrato una partecipazione di circa 40 studentesse del Liceo Darwin che hanno preso parte attiva alle discussioni con domande e curiosità, arricchen-

do il confronto e sondando le prospettive concrete sulle carriere scientifiche.

I feedback raccolti dalle studentesse e dai docenti hanno sottolineato il valore di iniziative di questo tipo per ispirare le giovani generazioni, evidenziando che le testimonianze dirette di donne che operano in settori legati alla scienza e alla tecnologia possono abbattere molti stereotipi.

L'impatto dell'iniziativa va oltre il singolo pomeriggio: inserito nella cornice nazionale della Settimana STEM, l'evento ha contribuito a mantenere alta l'attenzione sul tema della parità di genere nelle discipline scientifiche e tecnologiche, in un contesto in cui la promozione delle vocazioni scientifiche è centrale per lo sviluppo culturale e innovativo del Paese.



# Ricerca Interdisciplinare e Innovazione nel 2025

Dai materiali avanzati alle nanotecnologie, l'eccellenza di Tor Vergata per la sostenibilità  
di Alessandro Cianchi

**N**el 2025 il Centro NAST ha svolto attività di ricerca interdisciplinare nei settori dei materiali avanzati, delle nanotecnologie e delle scienze della vita, in coerenza con gli obiettivi strategici di rafforzamento della ricerca di base e applicata, dell'internazionalizzazione e attenzione ai temi della sostenibilità, in linea con la *mission* dell'Ateneo.

Tra i principali risultati scientifici del 2025 si segnalano alcune pubblicazioni su riviste internazionali di primo piano:

1

Nell'ambito dell'elettronica per applicazioni energetiche e industriali, gli studi sui meccanismi di guasto indotti da neutroni in dispositivi di potenza in carburo di silicio hanno fornito nuovi elementi per la comprensione del fenomeno del single-event burnout in MOSFET reali incapsulati, con ricadute dirette sull'affidabilità di tecnologie per la mobilità elettrica, le energie rinnovabili e l'aviazione elettrica (Pintacuda et al., *European Physical Journal Plus*, in press, 2026).

2

Nell'area biomedica e biochimica, ricerche su estratti algali di *Euglena cantabrica* hanno portato allo sviluppo di protocolli di estrazione sostenibili e alla realizzazione di sistemi funzionalizzati a base di frustole di diatomee, con proprietà antiossidanti selettive, attività antitumorale e potenziale impiego come scaffold per la rigenerazione ossea (Buonvino et al., *Marine Drugs* 23, 453, 2025).

3

Ulteriori contributi hanno riguardato la progettazione di nanomateriali funzionalizzati per la protezione dei beni culturali. In particolare, nanoparticelle di silice mesoporosa caricate con olio essenziale di timo hanno mostrato un'efficace azione antifouling a doppio meccanismo, con elevate rese di sintesi e prestazioni validate sia in laboratorio sia in condizioni ambientali reali (Olivieri et al., *Nanomaterials* 15, 866, 2025).

4

Sono inoltre proseguite attività di ricerca di frontiera che integrano la scienza dei materiali e la biologia, come gli studi su sedimenti minerali potenzialmente in grado di preservare DNA antico, condotti mediante tecniche non distruttive quali la diffrazione a raggi X e la spettroscopia FT-IR.

Nel 2025 il Centro NAST ha gestito complessivamente finanziamenti per circa 2,8 milioni di euro, a supporto delle attività di ricerca e delle infrastrutture, rafforzando collaborazioni nazionali e internazionali.

A completamento del quadro, si segnala la partecipazione di membri del Centro a organismi scientifici, comitati editoriali e faculty internazionali, a testimonianza del riconoscimento del ruolo del NAST nella comunità scientifica.

# INFN Sezione di Roma Tor Vergata

Innovazione, particelle e universo: la Sezione INFN di Roma Tor Vergata

di Roberta Sparvoli

**L**a Sezione INFN di Roma Tor Vergata si compone di circa 60 dipendenti tra ricercatori, tecnologi, tecnici e personale amministrativo, e da circa 180 ricercatori associati, tra docenti universitari, assegnisti, dottorandi e studenti.

È un luogo in cui ricerca d'eccellenza e tecnologia avanzata si incontrano per esplorare i segreti più profondi della natura, dalle particelle elementari ai fenomeni cosmici su larga scala.

Qui, ricercatrici e ricercatori collaborano in un ambiente internazionale e dinamico, contribuendo allo sviluppo di esperimenti all'avanguardia e alla formazione delle nuove generazioni di fisici. La missione della Sezione si estende oltre i confini della scienza accademica, promuovendo innovazione, divulgazione e un costante dialogo con la comunità scientifica globale.

Tra le attività del 2025 spiccano:

**Ricerca ed innovazione:** La missione CSES-02 (China Seismo-Electromagnetic Satellite-02), frutto della collaborazione tra CNSA e ASI con un forte contributo italiano, è stata lanciata con successo il 14 giugno 2025 dal Jiuquan Satellite Launch Center in Cina a bordo di un razzo Long March 2D. Il satellite ospita il rivelatore di particelle HEPD-02, interamente assemblato nelle camere pulite dell'INFN Sezione di Roma Tor Vergata. Il lancio di CSES-02 rappresenta un grande successo di fisica sperimentale e tecnologia innovativa sviluppata nei nostri laboratori.

..... un luogo in cui ricerca d'eccellenza e tecnologia avanzata si incontrano per esplorare i segreti più profondi della natura, dalle particelle elementari ai fenomeni cosmici su larga scala.

**Risultati scientifici:** indizi di nuova fisica sono arrivati dallo studio *Il Modello Standard testato con i neutrini*, pubblicato il 4 Dicembre 2025 su *Physical Review Letters* e condotto da ricercatori e ricercatrici dell'INFN, con primo nome un ricercatore dell'INFN Roma Tor Vergata. Lo studio mette a sistema decenni di dati provenienti da diversi esperimenti sui neutrini a bassa energia per produrre un test unificato e altamente preciso del Modello Standard e ottiene risultati originali, come la determinazione del raggio di carica del neutrino e misure aggiornate sui parametri che descrivono l'interazione del neutrino con l'elettromagnetismo (*Phys. Rev. Lett.* 135, 231803).

**Formazione:** Nel 2025 la Sezione INFN di Roma Tor Vergata ha organizzato tre principali Masterclass, tutte rivolte a studenti delle scuole superiori:

- Due Masterclass ATLAS: una dedicata alle studentesse, una aperta a tutte e tutti.
- Una Masterclass FERMI: focalizzata sull'astrofisica delle alte energie.

Tutte hanno combinato seminari teorici, analisi dati reali di grandi esperimenti internazionali e videoconferenze con il CERN o altre istituzioni scientifiche, offrendo ai giovani un'autentica esperienza da ricercatori in fisica fondamentale.

**Divulgazione:** Nel 2025 la Sezione INFN di Roma Tor Vergata ha realizzato un

ricco programma divulgativo, articolato in:

- Partecipazione alla Notte Europea dei Ricercatori, con stand e laboratori interattivi.
- Numerose iniziative continuative di outreach, tra cui OCRA (orientato alla diffusione della fisica dei raggi cosmici tramite contenuti e attività dedicate), il Premio Asimov (orientato ad avvicinare gli studenti delle scuole alla divulgazione scientifica attraverso la lettura critica), e LAB2GO (il cui obiettivo è rafforzare i laboratori scolastici e la didattica sperimentale)



A laboratory setting with two people in the background and a large ball-and-stick molecular model in the foreground. The model is composed of white rods and blue and red spheres, representing a complex crystal or molecular structure. The background shows a man in a white shirt and another person, both slightly out of focus. The overall scene is dimly lit with a blue tint.

**PERSONE E RISULTATI**

# Flaminia Giacomini

*Ricercatrice in Tenure-Track (RTT) presso l'Università di Roma Tor Vergata e responsabile scientifica di un finanziamento FIS 2 del MUR, ha ricoperto posizioni di prestigio internazionale tra cui all'ETH di Zurigo e al Perimeter Institute. Ricopre ruoli di coordinamento in diverse collaborazioni e società scientifiche nel campo dell'informazione quantistica e dei fondamenti della meccanica quantistica.*

## Qual è il suo campo di ricerca?

La mia ricerca si situa nel campo dei fondamenti della meccanica quantistica, caratterizzato principalmente da tre elementi:

- Lo studio della relazione tra i principi fondamentali di una teoria e la sua struttura matematica.
- Lo sviluppo di metodologie per analizzare la coerenza interna della teoria.
- L'enfasi sul metodo operativo, inteso come corrispondenza tra gli elementi della teoria e le operazioni di laboratorio.

Tradizionalmente, il campo nasce dalle disuguaglianze di Bell, e adotta quindi molte metodologie dell'informazione quantistica, ma l'impostazione della comunità è fortemente interdisciplinare.

## Qual è il suo percorso precedente?

Dopo il dottorato all'Università di Vienna, ho ricevuto una fellowship per un postdoc al Perimeter Institute, in Canada, e in seguito mi sono spostata al Politecnico di Zurigo. Durante questi anni, ho avuto la fortuna di interagire con ricercatori eccellenti non solo nel mio campo, ma anche in campi affini: incontri che hanno contribuito in modo fondamentale nello sviluppo delle mie tematiche di ricerca attuali.

## A quali domande si dedica adesso?

Una grossa parte della comunità si occupa di domande il cui filo conduttore è capire la fisica all'intersezione tra meccanica quantistica e relatività generale. Per esempio, ci si aspetta che il concet-

to classico di spaziotempo non sia più adeguato in una teoria in cui la gravità è quantistica.

Che cosa succede quindi a concetti fondamentali come tempo, ordine causale e sistema di riferimento?

Ha senso pensarli in modo quantistico, e se sì, che caratteristiche dovrebbero avere? Possiamo osservare aspetti della loro estensione al regime quantistico in esperimenti con tecnologie di altissima precisione?

## Cosa trova più difficile nella sua ricerca?

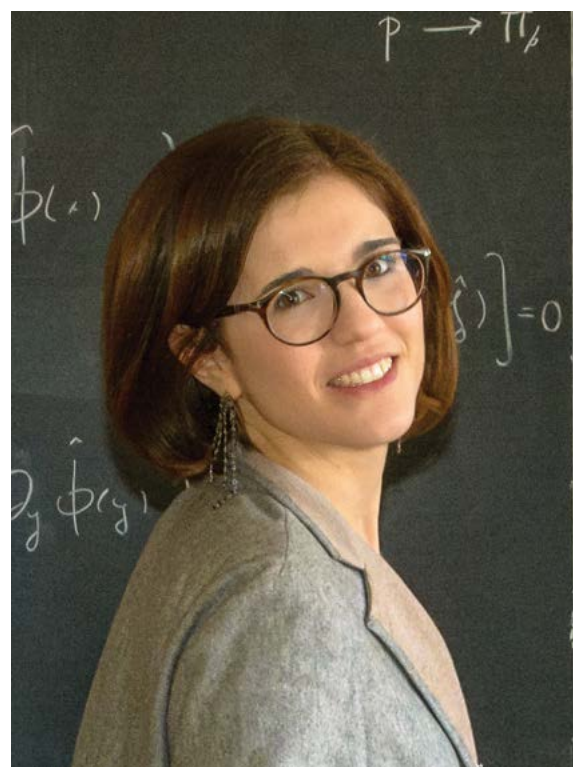
Quando si mette in discussione il paradigma concettuale di una teoria, diventa ancora più difficile formulare una domanda ben posta che sia non banale ma che risulti, allo stesso tempo, affrontabile in modo rigoroso. Il progresso nel mio settore consiste nel contributo concettuale, e la tecnica viene subordinata alla natura della domanda.

In un ambito interdisciplinare, nel quale bisogna sempre imparare qualcosa di nuovo da campi vicini, bisogna inoltre adattare la metodologia al tipo di domanda che si vuole affrontare.

## Che consigli darebbe a un giovane ricercatore che vuole avvicinarsi al suo campo?

Consiglierei di tenere una prospettiva ampia e ascoltare voci diverse.

È cruciale interagire con ricercatori con i profili più vari, dai fisici sperimentali ai filosofi, perché tutti hanno qualcosa da insegnare. E di tenere alta la motivazio-



ne, perché il percorso accademico, soprattutto nella ricerca di base, è difficile.

## Oltre alla fisica, cosa le piace fare?

Leggere romanzi è sempre stata una delle mie attività preferite. Mi piacerebbe riuscire a leggere di più.

## Una citazione a cui è legata?

Citerei Italo Calvino, autore che mi piace molto: "Capirai quando avrai dimenticato quello che capivi prima".

# Chi siamo

**Direttore**  
Lucio Cerrito

**Vice Direttore**  
Alessandro Cianchi

**Segretario Amministrativo**  
Armando Pellegrino

Aree di Ricerca del  
Dipartimento

**FISICA SPERIMENTALE  
DELLE INTERAZIONI  
FONDAMENTALI**

Rappresentante di Area:  
Annalisa D'Angelo

**Professori Ordinari**

Lucio Cerrito  
Annalisa D'Angelo  
Anna Di Ciaccio  
Viviana Fafone  
Roberta Sparvoli

**Professori Associati**

Giulio Aielli  
Flavio Archilli  
Paolo Camarri  
Vincenzo Caracciolo  
Umberto De Sanctis  
Matteo Lorenzini  
Emanuele Santovetti

**Ricercatori**

Lorenzo Aiello  
Alessia Fantini  
Lucilla Lanza  
Matteo Sorbara

**FISICA TEORICA  
DELLE INTERAZIONI  
FONDAMENTALI**

Rappresentate di Area:  
Luca Biferale

**Professori Ordinari**

Massimo Bianchi  
Luca Biferale  
Roberto Frezzotti  
Mauro Sbragaglia  
Nazario Tantalo

**Professori Associati**

Giulio Cimini  
Giulia De Divitiis  
Giuseppe Dibitetto  
Gianfranco Pradisi  
Giuseppe Pucacco  
Alberto Salvio  
Raffaele Savelli

**Ricercatori**

Michele Buzzicotti  
Flaminia Giacomini  
Fabio Guglietta

**FISICA SPERIMENTALE  
E TEORICA DELLA  
MATERIA CONDENSATA**

Rappresentante di Area:  
Fabrizio Arciprete

**Professori Ordinari**

Fabrizio Arciprete  
Matteo Cirillo  
Maurizia Palummo  
Olivia Pulci

**Professori Associati**

Luca Camilli  
Paola Castrucci  
Massimo Fanfoni  
Claudio Goletti  
Enrico Perfetto  
Luca Persichetti  
Matteo Salvato  
Manuela Angela Scarselli  
Anna Sgarlata  
Gianluca Stefanucci

**Ricercatori**

Beatrice Bonanni  
Sabrina Calvi  
Alessandra Filabozzi  
Tommaso Giovannini

**ASTRONOMIA,  
ASTROFISICA, FISICA  
DELLA TERRA E DEI  
PIANETI**

Rappresentante di Area:  
Pasquale Mazzotta

**Professori Ordinari**

Francesco Berrilli  
Giuseppe Bono  
Pasquale Mazzotta  
Marina Migliaccio

**Professori Associati**

Amedeo Balbi  
Hervé Bourdin  
Dario Del Moro  
Valentina D'Orazi  
Luigi Mancini  
Francesco Tombesi  
Eleonora Troja

**Ricercatori**

Luca Giovannelli

**FISICA APPLICATA**

Rappresentante di Area:  
Roberto Senesi

**Professori Ordinari**

Alessandro Cianchi  
Roberto Senesi

**Professori Associati**

Velia Minicozzi  
Triestino Minniti  
Arturo Moleti  
Maria Cristina Morone  
Giovanni Romanelli  
Francesco Stellato

**Ricercatori**

Mattia Gianandrea Gaboardi

**ALTRO PERSONALE  
DOCENTE E DI RICERCA**

**Tecnologi**

Fabio Bonaccorso  
Niccolò Cocciaglia

**Professori Emeriti/  
Onorari/D'Onore/Turris  
Virgatae**

Carla Andreani  
Massimo Bassan  
Roberto Benzi  
Maurizio De Crescenzi  
Rossana Marra  
Livio Narici  
Piergiorgio Picozza  
Rinaldo Santonico  
Nicola Vittorio

**SERVIZI DEL  
DIPARTIMENTO  
E PERSONALE  
AFFERENTE**

**Segreteria Amministrativa**

**Responsabile:** Armando

Pellegrino  
Alice Aldi  
Gordano Amicucci  
Stefano Battaglione  
Arianna Ceci  
Alessia Di Cori  
Marco Di Vito  
Antonietta Lijoi  
Maurizio Marziali  
Armando Pellegrino  
Giuseppe Pompei

**Officina Elettronica**

**Responsabile:** Annalisa  
D'Angelo

Vincenzo Chiostri  
Luigi Di Stante  
Enzo Reali  
Marco Travaglini  
Enrico Tusi

**Officina Meccanica**

**Responsabile:** Fabrizio  
Arciprete

Luigi Bonacorsi  
Gianni Vitali

**Laboratorio di Calcolo e  
Misure**

**Responsabile:** Roberta  
Sparvoli

Roberto Lulli  
Carlo Rosa

**Laboratori Didattici**

**Responsabile:** Annalisa  
D'Angelo

Roberto Celi  
Marco Travaglini  
Enrico Tusi

**Laboratorio della Fisica e  
della Matematica**

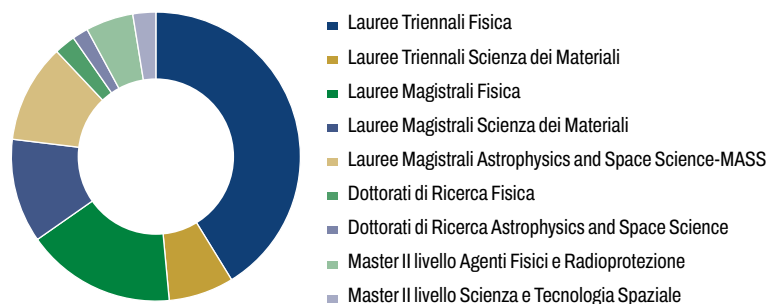
**Responsabile:** Anna  
Sgarlata

Giovanni Casini

Dati al 31/12/2025

# Statistiche sull'Attività Didattica

STUDENTI IMMATRICOLATI NEI VARI CORSI DI STUDIO



Nonostante le numerose sfide che caratterizzano il sistema universitario contemporaneo, il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma Tor Vergata continua a dimostrare un forte impegno nel garantire una formazione di alta qualità ai propri studenti, mantenendo al centro della propria missione l'eccellenza nella didattica, nella ricerca e nella divulgazione scientifica.

L'offerta formativa del Dipartimento è ampia e articolata, e copre tutti i livelli della formazione universitaria. Sono attivi due corsi di Laurea Triennale (Fisica e Scienza dei Materiali) [1, 2] e tre corsi di Laurea Magistrale (Fisica, Scienza e Tecnologia dei Materiali, Astrophysics and Space Science) [3, 4, 5], che offrono agli studenti percorsi formativi avanzati e interdisciplinari, strettamente collegati alle più recenti attività di ricerca scientifica.

A questi si affiancano due programmi *Erasmus Mundus Joint Master* [5, 6], sviluppati in collaborazione con prestigiose università internazionali, dedicati rispettivamente all'astrofisica e alle scienze dello spazio e ai nanomateriali per le transizioni verde e digitale. Il Dipartimento ospita inoltre due programmi di Dottorato di Ricerca nelle aree della Fisica e dell'Astronomia [7, 8], insieme a *European Joint Doctorates* e al Dottorato Nazionale, che contribuiscono

no a rafforzare la dimensione internazionale e collaborativa delle attività di ricerca e formazione.

Completano l'offerta didattica Master universitari di II livello, progettati per fornire competenze specialistiche avanzate e favorire il collegamento tra il mondo accademico, la ricerca e le applicazioni tecnologiche. Il Master in Agenti Fisici e Radioprotezione [9] è progettato per formare specialisti in grado di valutare, gestire e mitigare i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti fisici, con particolare attenzione alle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti. Il Master in Scienza e Tecnologia Spaziale [10] offre una preparazione avanzata e interdisciplinare sui principali aspetti scientifici e tecnologici legati allo studio e all'esplorazione dello spazio.

Accanto alla formazione universitaria, il Dipartimento svolge un'intensa attività di terza missione e divulgazione scientifica, organizzando ogni anno oltre quaranta eventi culturali e scientifici rivolti al pubblico, alle scuole e alla co-

munità. Queste iniziative hanno anche un forte valore formativo per gli studenti del Dipartimento e della Macroarea di Scienze, che possono partecipare attivamente a seminari, incontri e attività di divulgazione, entrando in contatto con ricercatori, esperti e temi di frontiera della ricerca scientifica. Tali attività contribuiscono a promuovere la cultura scientifica, stimolare la curiosità verso la fisica e rafforzare il dialogo tra università e società, offrendo al contempo agli studenti importanti occasioni di crescita culturale e professionale.

Grazie a questa combinazione di didattica, ricerca di frontiera e impegno nella divulgazione, il Dipartimento di Fisica continua a rappresentare un punto di riferimento nella formazione scientifica e nello sviluppo delle conoscenze nel campo della fisica e delle scienze dei materiali.

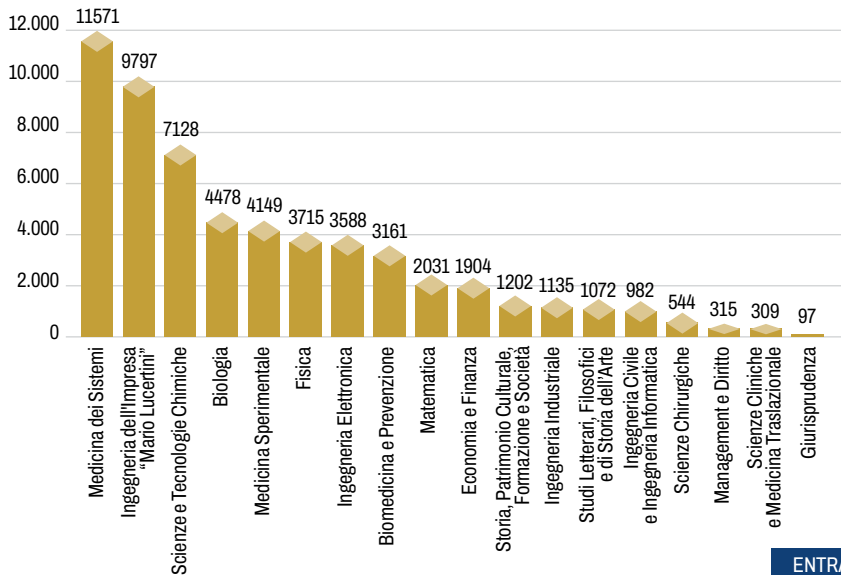
[1] <https://www.fisica.uniroma2.it/sezioni/didattica/lauree-triennali/laurea-triennale-in-fisica/>  
[2] <https://www.fisica.uniroma2.it/sezioni/didattica/lauree-triennali/laurea-triennale-in-scienza-dei-materiali/>  
[3] <https://www.fisica.uniroma2.it/sezioni/didattica/lauree-magistrali/laurea-magistrale-in-fisica-physics/>  
[4] <https://www.fisica.uniroma2.it/sezioni/didattica/lauree-magistrali/laurea-magistrale-in-scienza-e-tecnologia-dei-materiali/>  
[5] <https://www.master-mass.eu/>

[6] <https://www.greenanomaster.eu/>  
[7] <https://www.fisica.uniroma2.it/sezioni/didattica/dottorati-e-master-ii-livello/dottorato-di-ricerca-in-fisica/>  
[8] <https://www.fisica.uniroma2.it/sezioni/didattica/dottorati-e-master-ii-livello/phd-in-astronomy-astrophysics-and-space-science/>  
[9] <https://www.fisica.uniroma2.it/sezioni/didattica/dottorati-e-master-ii-livello/master-in-agenti-fisici-e-radioprotezione/>  
[10] <https://www.mat.uniroma2.it/masterst/>

## LE NOSTRE ATTIVITÀ IN NUMERI

# Statistiche sull'Attività di Ricerca

FINANZIAMENTI DA BANDI COMPETITIVI (RELAZIONE RICERCA DI ATENE0 2025)



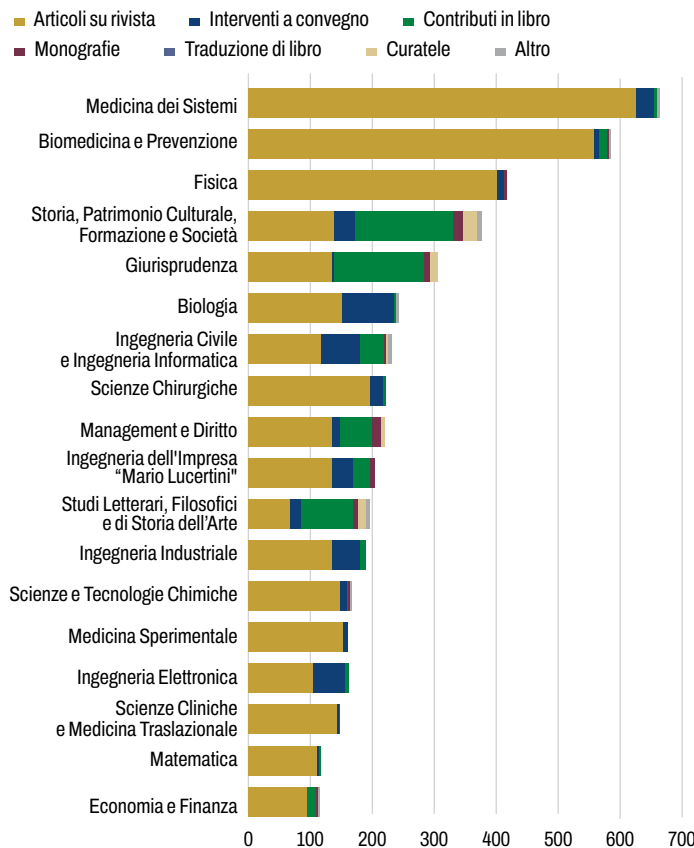
### Progetti e Contratti

Nel 2025 il Dipartimento di Fisica ha condotto 79 progetti di ricerca per un valore complessivo di circa 50 milioni di euro, gestiti da 46 Principal Investigators. L'incasso di finanziamenti nell'anno 2025 è stato di 3.7 milioni di euro.

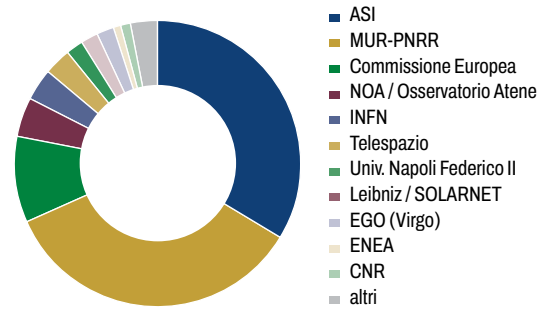
Questi dati non includono la maggior parte delle ricerche svolte congiuntamente con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, che finanzia le proprie attività in modo diretto.

Nella Relazione della Ricerca di Ateneo 2025, il Dipartimento è posizionato al sesto posto per finanziamenti da bandi competitivi.

TIPOLOGIA DI PRODOTTI PER DIPARTIMENTO



ENTRATE 2025 PER FINANZIATORE - DIP. FISICA (TOT. € 3.719.844)



### Pubblicazioni Scientifiche

Nella Relazione Ricerca di Ateneo 2025 (riferita ai dati 2024), il Dipartimento di Fisica risulta al terzo posto in Ateneo per pubblicazioni scientifiche, con un totale di oltre 400 lavori.



**FOCUS  
SULLA RICERCA**

# Theoretical Physics

di Flaminia Giacomini

**T**he theory group has gathered international recognition for its research on a broad range of topics, spanning from the fundamental structure of spacetime and elementary interactions to the emergent behavior of complex systems. These efforts combine analytical methods, advanced computational techniques, and interdisciplinary approaches.

## Fundamental interactions and spacetime

One major research line focusses on the fundamental laws of nature, including the structure of spacetime and interactions among elementary particles. This area includes theoretical studies aimed at understanding gravity, quantum field theory, and possible extensions of the Standard Model.

## String theory phenomenology

The group uses string theory to study the microscopic structure of black holes and derive their macroscopic features such as entropy. String theory motivates one of the most credited proposals to explain the microscopic structure of black holes, based on modelling the black hole as a statistical ensemble involving special string-theory configurations, called fuzzballs, whose physics can be studied using well-established geometric as well as field-theoretic methods. In this context, the group discovered new solutions, named Rotating Topological Stars, and studied several of their properties such as scalar perturbations, wave emissions, and radiative losses.

In addition, the group studies how string theory can modify General Relativity.

These modifications appear as higher-derivative corrections to the effective action of gravity and gauge fields. The group clarified the peculiar structures of such couplings as well as the constraints imposed on them by string theory dualities, used to define the equivalence between different physical theories, such as theories with different values of couplings. This research is highly relevant for the exploration of the low-energy physics of string theory in the four visible dimensions.

## Strongly interacting quantum theories

The group uses powerful geometric methods of string theory to investigate quantum field theory in the strong-coupling regime, where traditional methods fail. In particular, there are certain supersymmetric conformal field theories that do not admit any Lagrangian description. This means that standard methods of perturbation theory cannot be applied. However, by embedding these theories in string theory using so-called “D-branes”, some of their features can be studied using differential and algebraic geometry.

## Non-perturbative study of strong interactions

The Standard Model predicts with great accuracy the results of particle physics experiments, exceptional undertakings conducted in the largest laboratories in the world (CERN, Fermilab, ...). Deriving these predictions is an equally exceptional undertaking because, at the required level of precision, it is necessary to perform non-perturbative numerical simulations of the strong interaction sector (QCD) of the Standard Model.

The group is a world leader in the non-perturbative study of strong interactions, both methodologically and phenomenologically. Within prestigious international collaborations (ETM, RC\*, CLS), they use the world’s most powerful supercomputers to perform numerical simulations. Moreover, the group has developed state-of-the-art methods for extracting the observables of phenomenological interest from these simulation data.

Using such simulations and methods, the group has recently obtained theoretical results of great phenomenological impact on hadronic processes which have been measured long ago but never previously predicted with the ne-

cessary non-perturbative accuracy. Of particular note are the studies of the inclusive hadronic decays of the tau lepton and of the Ds mesons, as well as the dominant hadronic contributions to the muon  $g-2$ .

### **Beyond standard model and cosmology**

Another research direction lies at the interface between theoretical particle physics, gravity, and cosmology. For instance, the group studied cosmological first-order phase transitions in theories beyond the Standard Model (gravity included), their relation to the dark matter problem, and the subsequent cosmological history. Moreover, research has focussed on models of gravity with torsion, which can give rise to inflationary scenarios compatible with current experiments.

### **Quantum information on spacetime**

Finally, the group studies how quantum information tools can help to extend fundamental concepts of our physical theories, e.g. reference frames and locality, at the interface between quantum theory and gravity, and analyses the theoretical implications of measuring the gravitational field of a source in a quantum superposition state.

### **Physics of complex systems**

Another major research direction involves the study of systems composed of many interacting elements whose collective behavior cannot be understood

by analyzing individual components alone. Such systems arise in a wide range of contexts, from turbulent fluids and complex materials to biological, social, and economic networks. The group combines theoretical approaches, advanced numerical simulations, and data-driven techniques to investigate how complex dynamics emerge and evolve far from equilibrium.

### **Turbulence**

Work on hydrodynamic and magnetohydrodynamic turbulence addressed in particular the transport and mixing of passive scalars, the localization of sources in turbulent flows, and the development of simplified theoretical descriptions known as shell models. The group also significantly explored the integration of machine learning and data-driven approaches into physical modeling, including strategies that couple learning algorithms with numerical solvers while preserving the fundamental symmetries of the system. During the year, several open-access databases were released. Members of the group contributed to the organization of the international conference New Directions in Complex Flows (Accademia dei Lincei) and three satellite events of the StaTPhys29 conference.

### **Complex fluids**

Another line of research concerns the development of Lattice Boltzmann methods for the simulation of complex fluids. These studies aim to improve the

theoretical consistency of mesoscopic models and to apply them to problems involving multiphase flows and heat transfer, including phase-change materials and microfluidic systems.

### **Complex networks**

The group investigates fundamental and applied problems in the statistical mechanics of complex networks, such as theoretical studies of transport and critical phenomena in networks, as well as applications ranging from the modeling of economic systems and the analysis of digital social data to the simulation of conversational dynamics and the study of the mechanical stability of complex structures integrating modern data-driven methods with network's theory.

# Stochastic reconstruction of gappy Lagrangian turbulent signals by conditional diffusion models

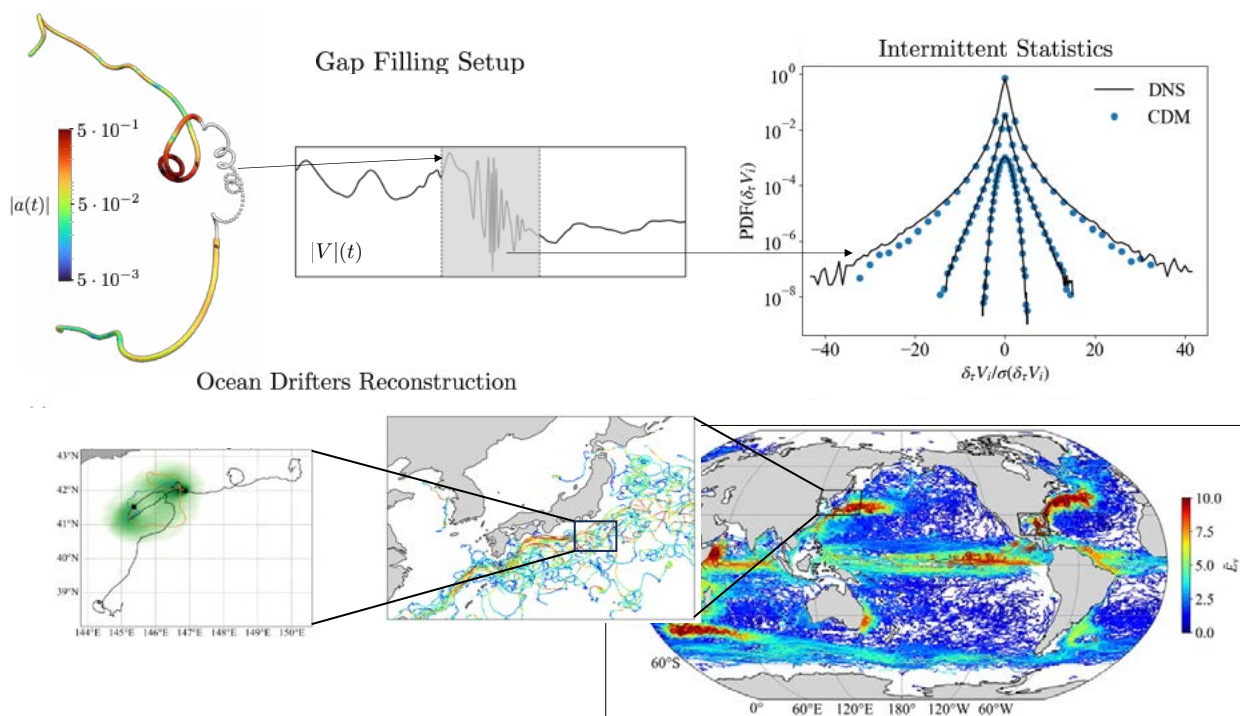
di Michele Buzzicotti

**T**urbulence is a hallmark of many natural and technological flows, from atmospheric winds to ocean currents and industrial mixing. A common way to study turbulent transport is to follow the **Lagrangian trajectories** of particles or objects carried by the flow. These trajectories encode the multiscale dynamics of turbulence, including strong fluctuations and rare extreme events. Yet in practice, measurements are often incomplete: tracking devices may lose signal, or observations may be interrupted, leaving gaps in the recorded velocity time series. Reconstructing the missing segments without distorting the complex statistics of turbulence is a longstanding challenge.

The authors tackle this problem using a modern generative machine-learning technique known as a **diffusion model**. Originally developed for image and audio synthesis, diffusion models learn how to generate realistic data by gradually transforming noise into structured signals. In their work, the authors implement a **conditional diffusion model** that re-

constructs missing parts of a trajectory while remaining consistent with the measured data surrounding the gap.

The method is trained on complete trajectories, during which artificial noise is progressively added to the data. The neural network learns the reverse process: starting from noise and



iteratively denoising it until a physically realistic signal emerges. During reconstruction, the algorithm generates the missing velocity segment by conditioning the denoising process on the known portions of the trajectory. The result is a stochastic reconstruction that respects both the local measurements and the statistical structure of turbulent motion.

The authors test their approach on two datasets. The first consists of tracer particles advected in high-resolution numerical simulations of homogeneous isotropic turbulence. The second uses observations from the Global Drifter Program, a large collection of satellite-tracked ocean buoys that measure surface currents worldwide. In both cases, the diffusion model successfully reconstructs missing velocity segments and reproduces the multiscale statistics of the underlying turbulent flows.

techniques such as Gaussian process regression, the diffusion-based method achieves higher pointwise accuracy and, crucially, better captures the strongly **non-Gaussian and intermittent fluctuations** that characterize turbulence. These include rare but important extreme accelerations, which conventional Gaussian-based models typically underestimate.

Beyond gap filling, the stochastic nature of diffusion models provides a natural way to quantify uncertainty by generating multiple plausible reconstructions consistent with the measurements. Such capabilities could improve the quality of environmental datasets and help interpret incomplete observations in complex flows. More broadly, the work illustrates how generative machine learning is beginning to provide new tools for studying high-dimensional dynamical systems in physics.

Compared with standard reconstruction

For more information: Li, Tianyi, Luca Biferale, Fabio Bonaccorso, Michele Buzzicotti, and Luca Centurioni. "Stochastic reconstruction of gappy Lagrangian turbulent signals by conditional diffusion models." *Communications Physics* 8, no. 1 (2025): 372.

# Standard Model prediction of Muon g-2 catches up with experimental accuracy: fundamental physics at the precision frontier

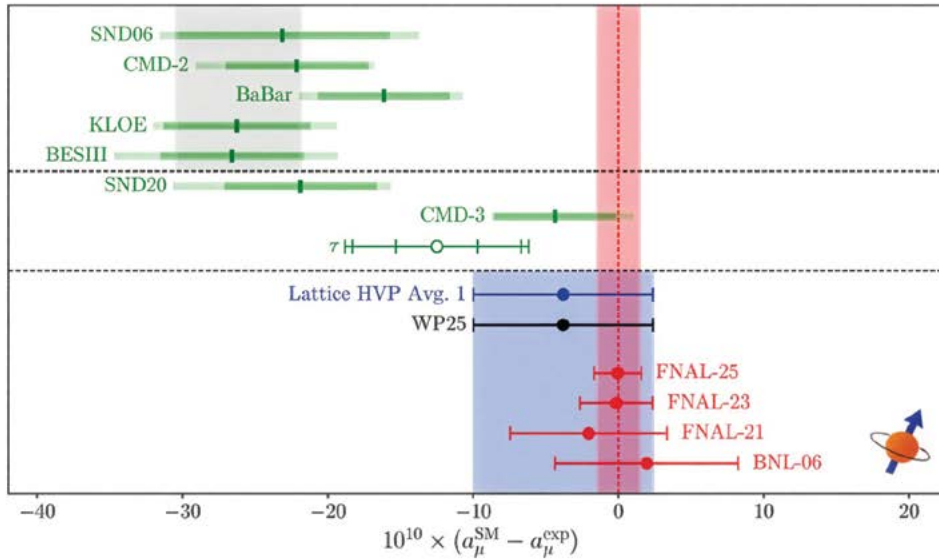
di Roberto Frezzotti

**S**tandard Model prediction of Muon g-2 catches up with experimental accuracy: fundamental physics at the precision frontier.

The Standard Model (SM) of Particle Physics is amazingly successful in providing a unified description of a very wide range of processes mediated by the nuclear strong and weak as well as electromagnetic interactions. However it is incomplete, as it cannot account for established facts such as do-

minance of matter over antimatter, dark matter and quantum gravity phenomena. Owing to the difficulties for direct observation of beyond-SM particles, as too massive or too weakly interacting, the quest for new fundamental physics is going more and more along the path of precision physics. A para-





digmatic example is given by the worldwide ongoing research on the anomalous magnetic moment of the muon (or  $g_\mu - 2$ ), where the astonishing relative accuracy of the measure by Fermilab E821 and E989 experiments,  $\sim 127/10^9$ , is nearly matched by the prediction of  $g_\mu - 2$  within the SM at precision of  $\sim 530/10^9$ , as shown in the paper Physics Reports 1143 (2025).

The magnetic moment of the muon ( $\mu$ ) describes the muon response to an external magnetic field, including the virtual quantum effects of all particles (even still unknown) that couple to the muon weighted for each particle  $X$  of mass  $m_X$  by appropriate coupling constants and a factor  $(m_\mu/m_X)^2$ . The magnetic moment of a charged fermion is proportional to its spin, charge and inverse mass, with a proportionality factor  $g/2$ . As  $g_\mu = 2$  in the theory with no quantum effects,  $g_\mu - 2$  yields a measure of the quantum corrections and, once evaluated within the SM, it turns out to test the electromagnetic, nuclear strong and weak interactions to relative accuracies of about  $1/10^7$ ,  $1/10^3$ ,  $1/10$ , respectively.

A deviation of the SM prediction from experiment signals new physics.

Decades of experience in perturbative quantum field theory computations have made attainable a relative precision of  $1/10^7$  in QED quantum corrections and  $1/100$  accuracy in weak force effects. The big challenge lies in reaching a relative precision of few units times  $1/10^3$  for the QCD quantum effects at the  $\mu$  mass energy scale, where the QCD interaction is strong. This task was seen as unfeasible till 2019 and hence the SM prediction of QCD effects on  $g_\mu - 2$  was derived, via a delicate phenomenological analysis, from experimental data on  $e^+e^- \rightarrow$  hadrons. Since 2020 a cleaner way of predicting the QCD effects on  $g_\mu - 2$  has become competitive, which relies on ab-initio lattice field theory simulations of QCD with leading QED corrections, i.e. the low energy limit of the SM. To these lattice studies, which rely on a rigorous ultraviolet regularization of the theory plus robust computational methods and require using the most powerful supercomputers in the world, the theory group of our Phy-

sics Department (and INFN unit) gave a key contribution.

Recently several lattice groups, including ours, produced results for the QCD contribution to  $g_\mu - 2$  that, while essentially confirming the findings of the BMW group in their breakthrough work of 2020, have: i) triggered an investigation of underestimated systematic errors in  $e^+e^- \rightarrow$  hadrons data driven analyses; ii) provided a well controlled pure lattice SM prediction of the QCD quantum effects in  $g_\mu - 2$ . The latter, once put together with the electromagnetic and weak SM contributions, yields a SM prediction for  $g_\mu - 2$  that agrees with the value found by the experiments on muons in magnetic field, closing a 20 years long history of puzzling tensions. While improvements in the SM prediction are still expected in future, many lessons on the value and the effort of making “precision Particle Physics” have been learned, as it was discussed in a workshop “Muon  $g-2$  or stress testing the SM” held at Roma Tor Vergata on October 2025.

For more information: Physics Reports 1143 (2025) 1-158 “The anomalous magnetic moment of the muon in the Standard Model: an update” - R. Aliberti et al. (coauthored by R. Frezzotti)

# Astrophysics

di Amedeo Balbi

**T**he Astrophysics and Space Science group at the University of Rome Tor Vergata is a cornerstone of the Physics Department's research, with its roots in the Department's founding in 1982. The group was born from the convergence of two distinct yet complementary research traditions. The first was an Astrophysics Unit led by Alfonso Cavaliere, which initially centered its efforts on the physics of galaxy clusters, active galactic nuclei, and the behavior of diffuse baryonic matter. The second was a Space Physics Unit that continued the prestigious lineage of the Fundamental Physics Group founded by Edoardo Amaldi, particularly in the realm of Galactic Cosmic Ray research. Today, this unified, multidisciplinary team tackles the universe's biggest questions, from the early cosmos, at the universe scale, to the dynamics of our Sun.

The group's research program is currently structured around major "meta-themes" that reflect the breadth of modern physical science.

The first of these, **Cosmology**, focuses on the beginning of the universe and the formation of large-scale structures. This theme is deeply rooted in the study of the Cosmic Microwave Background (CMB), where the group provides essential contributions to theoretical modeling, numerical simulations, and complex data analysis. Having played a central role in the European Space Agency's Planck mission, the team is now heavily involved in the LiteBIRD space mission, which aims to detect primordial gravitational waves from cosmic inflation through their imprint in the CMB polarisation pattern. Their research further extends to the "dark" sector of the Universe, investigating the origin of cosmic acceleration—whether driven

by dark energy or modifications to General Relativity on cosmological scales—as well as the nature of dark matter and its role in shaping the cosmic web. The work also addresses the "Hubble tension" and contributes to the scientific exploitation of the Euclid mission and the Square Kilometre Array.

In the realm of **Extragalactic Astrophysics**, the group investigates high-energy phenomena and the evolution of the universe's most massive objects. A primary focus is the study of supermassive black holes and their impact on host galaxies through ultra-fast outflows and accretion physics. The group's expertise in X-ray astronomy has led to significant involvement in the XRISM and IXPE missions. Furthermore, they are at the forefront of **multi-messenger astrophysics**, studying transient cosmic explosions like gamma-ray bursts and kilonovae. This

work bridges traditional electromagnetic observations with gravitational wave science, utilizing data from the Vera C. Rubin Observatory and preparing for the future Laser Interferometer Space Antenna (LISA) and the NewAthena X-ray observatory.

**Stellar Astrophysics** forms another central pillar of the group's activity, focusing on the "Galactic Archaeology" of the Milky Way and its neighbors. By employing large-scale photometric and spectroscopic surveys, researchers analyze the chemical signatures and orbital motions of stars to decode the history of galaxy assembly. This research aims to distinguish between stars formed within our galaxy and those acquired through the ingestion of smaller satellite systems, providing a detailed map of galactic evolution over billions of years. Closely related to this is the study of **Exoplanets**, where the group has established an excellent reputation for the detection and characterization of planetary systems. With ground-based transit observations and space missions like TESS and the upcoming PLATO, the group has contributed to the discovery of over a hundred new worlds. Their research now increasingly focuses on the atmospheric characterization of these planets and the assessment of their potential **habitability**, aligning with the objectives of the Habitable Worlds Observatory.

The fifth meta-theme, **Heliophysics and Space Science**, directs the

group's attention toward the Sun and its immediate environment. This research explores the fundamental mechanisms of solar activity, including magnetic field cycles and dynamo processes, magneto-convection, solar flares, and the heating of the solar corona. A significant portion of this work is dedicated to Space Weather, which monitors the impact of solar activity on Earth's technological infrastructure in collaboration with the National Institute of Astrophysics (INAF) and the National Institute of Geophysics and Volcanology (INGV). The group manages the SWERTO (Space-Weather at Tor Vergata) service and maintains strong partnerships with the Italian Space Agency (ASI) to develop national space weather monitoring capabilities. This theme also includes an innovative technological component focused on the development of CubeSats, such as the Sun CubE One (SEE) mission, which demonstrates the group's ability to lead the design and implementation of compact, high-performance space instrumentation.

The group's integration into the global scientific community is further evidenced by its leadership in academic training. They are the driving force behind the MSc in Astrophysics and Space Science and the inter-university PhD program in Astronomy, Astrophysics, and Space Science in collaboration with University of Rome Sapienza and INAF. Through participation in European initiatives like the UNIVERSEH alliance and the

Erasmus Mundus MASS program, the group ensures that its cutting-edge research is directly translated into educational excellence. This synergy between high-level research and academic mentorship cements the University of Rome Tor Vergata's status as a premier destination for cosmic studies, creating an environment where theoretical advancements and experimental discoveries are strongly integrated.

# Euclid: A cosmic atlas in the making

di Marina Migliaccio

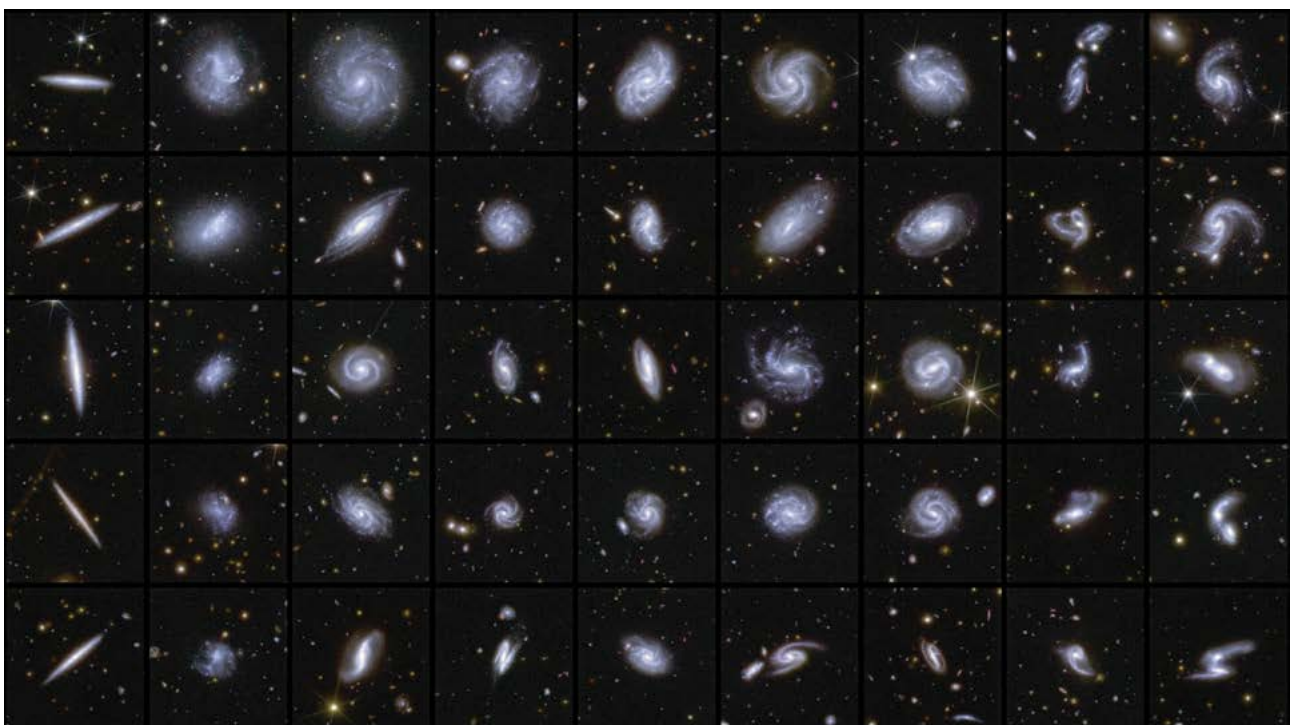
**O**n 19 March 2025, the Euclid mission of the European Space Agency (ESA) released its first “Quick Release” dataset (Q1), covering 63 square degrees of sky and providing an impressive preview of the most precise three-dimensional map of the Universe ever attempted [1, 2, 3]. These initial observations mark a major step toward Euclid’s goal of reconstructing the large-scale structure of the cosmos across cosmic time.

Launched in July 2023, Euclid operates from the Sun–Earth L2 point, approximately 1.5 million kilometers from Earth, and began its cosmological survey in February 2024. The spacecraft carries a 1.2-meter telescope feeding two instruments: the Visible Instrument (VIS), which delivers high-resolution imaging that allows weak gravitational

lensing measurements through galaxy shapes, and the Near-Infrared Spectrometer and Photometer (NISIP), which provides photometry and spectroscopy to determine galaxy redshifts and infer their distances. By the end of the nominal mission in 2031, Euclid will survey roughly one-third of the sky, detecting billions of galaxies out to redshifts of a-

bout 2 to address open questions in cosmology, while delivering a lasting legacy dataset for astrophysics.

A primary goal of the mission is to understand the origin of the Universe’s late-time accelerated expansion, whether it is driven by an unknown repulsive component — dubbed dark energy — or by modifications to Albert Einstein’s theory



© ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, image processing by M. Walmsley, M. Huertas-Company, J.-C. Cuillandre



Euclid Consortium Meeting in Leiden (March 24–28, 2025) ©Naor Scheinowitz

of General Relativity on cosmological scales. This represents one of the most profound open problems in modern cosmology. Equally central to the mission is shedding light on the nature of dark matter, its role in shaping the cosmic web, and the properties of the luminous sources that trace its distribution.

While not yet designed for precision cosmological analyses addressing the mission's primary science goals, the Q1 data release is seven times larger than the earlier Euclid Early Release Observations [4] and constitutes the largest contiguous area of sky ever surveyed by an optical/near-infrared space telescope. The dataset is optimized for "legacy science", enabling a broad range of astrophysical investigations, from galaxy clusters and active galactic nuclei to compact and planetary-mass objects. The results are presented in 34 scientific papers released in March, 7 more in November, and several others currently in preparation by the Euclid Consortium [5, 6].

Key results include:

- 26 million galaxies mapped in a single week of observations.
- Identification of numerous galaxy clusters, active galactic nuclei, and transient sources.
- Three surveyed regions: Euclid Deep Field North, Fornax, and South.
- Detection of galaxies up to 10.5 billion light-years away.
- Morphological classification of 380,000 galaxies via machine learning and citizen science.
- Approximately 500 strong gravitational lens candidates.
- In-flight validation of instrument performance.

This Quick Release is intended to provide early access to selected data, enabling the community to develop analysis frameworks before the first major cosmological data release, planned for late 2026. Additional quick and full releases are expected before the survey is completed.

The Cosmology group at the University of Rome Tor Vergata contributes to

the scientific exploitation of the Euclid mission. Prof. Marina Migliaccio is a co-lead of the mission's CMBX Science Working Group. By combining Euclid observations with measurements of the cosmic microwave background (CMB) from Planck — to which the Tor Vergata group made major scientific contributions — and from ground-based observatories such as the Atacama Cosmology Telescope, the South Pole Telescope, and the Simons Observatory, as well as from future missions like LiteBIRD, the group will exploit the complementarity between large-scale structure and CMB data to address open questions in the standard cosmological model and test the viability of alternative theoretical scenarios. The joint analysis and cross-correlation of these probes have been shown to significantly tighten cosmological parameter constraints, particularly in extended scenarios [7], while enabling improved control of systematic effects, thereby maximizing the scientific return of current and forthcoming cosmological surveys.

[1] ESA Press Release: [https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Euclid/Euclid\\_opens\\_data\\_treasure\\_trove\\_offers\\_glimpse\\_of\\_deep\\_fields](https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Euclid/Euclid_opens_data_treasure_trove_offers_glimpse_of_deep_fields)

[2] Euclid Consortium Press Release: <https://www.euclid-ec.org/public/press-releases/euclid-quick-data-release-1/>

[3] ESA Q1 DATA Release <https://www.cosmos.esa.int/en/web/euclid/euclid-q1-data-release>

[4] Early Release Observations <https://www.cosmos.esa.int/web/euclid/ero-public-release>

[5] Euclid Consortium Publications <https://eceb.astro.uni-bonn.de/public/>

[6] Euclid Q1 Science <https://www.euclid-ec.org/science/q1/>

[7] "Euclid preparation: XV. Forecasting cosmological constraints for the Euclid and CMB joint analysis", A&A 657, A91 (2022)

# When black holes blow: XRISM uncovers a turbulent relativistic outburst in a quasar

di Francesco Tombesi

**M**ore than two decades after the first hints of ultra-fast winds emerging from quasars, a new space observation has opened an unprecedented window onto the extreme physics around supermassive black holes. Using *Resolve*, the revolutionary high-resolution X-ray spectrometer aboard the XRISM satellite—led by JAXA with contributions from NASA and ESA—an international team has identified for the first time the internal structure of a relativistic wind in the quasar PDS 456, one of the brightest objects in the local universe. XRISM's data revealed that this wind is not a smooth outflow, as previously assumed, but instead a cosmic “storm” made of at least five distinct components of plasma, each launched from the accretion disk at speeds between 20% and 30% of the speed of light.

These velocities are millions of times higher than the most violent hurricanes on Earth, and the discovery was possible only thanks to XRISM's exceptional spectral resolution, which can separate features that earlier instruments blurred together. The amount of gas expelled—up to **300 solar masses per year**—and the enormous energy carried by these bullet-like clumps exceed by more than a factor of one thousand the energy measu-

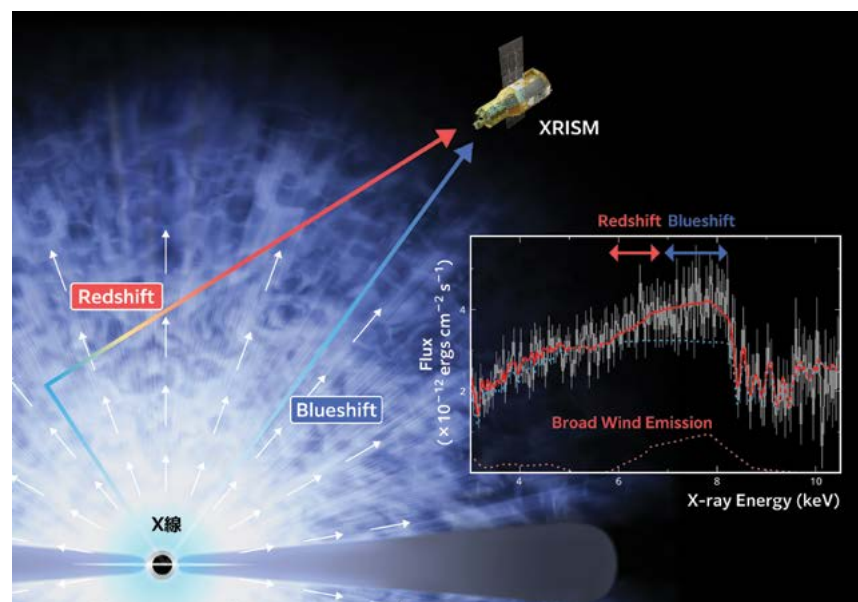
red in galaxy-scale winds extending over thousands of light-years. These findings challenge long-standing models of feedback between a black hole and its host galaxy, suggesting a far more complex mechanism, with intermittent bursts and fragmented, highly structured outflows.

The **Physics Department of the Tor Vergata University of Rome** played a central role in this discovery. The group led by Francesco Tombesi, associate professor of Astrophysics and XRISM Guest Scientist selected by ESA (one of only two in Italy), was crucial in the interpretation of the X-ray spectra and in the development of theoretical models of relativistic winds. Important contributions also came from two young researchers trained at Tor Vergata: Pierpaolo Condò, a second-year PhD student in the AASS program, and Alfredo Luminari, post-doctoral researcher at INAF and former PhD student of the same program.

The results have been published in *Nature* under the title **“Structured ionized winds shooting out from a quasar at relativistic speeds.”** According to Tombesi, current theories cannot fully explain such a combination of power and fragmentation, and new models will be needed to describe these extreme cosmic environments. With upcoming XRISM observations, PDS 456 will continue to serve as a unique laboratory for studying how supermassive black holes interact with their host galaxies, marking the beginning of a new era in high-resolution X-ray astrophysics.

For more information: Xrism Collaboration, Au-dard, Awaki, et al. 2025, *Nature*, 641, 8065, 1132. doi:10.1038/s41586-025-08968-2

JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency



# Condensed matter and material physics

di Fabrizio Arciprete e Tommaso Giovannini

**T**he research activities in this area are both theoretical and experimental. On the theoretical side, the Department has internationally recognized expertise in many-body quantum theories for out-of-equilibrium dynamics of electrons, phonons, and excitons, and in the development and application of *ab initio* theoretical-computational methods for complex systems, such as 2D materials and perovskites, including liquids and plasmonic materials. On the experimental side, it hosts advanced facilities for epitaxial growth and materials characterization including ultra-high vacuum electronic spectroscopies, scanning probe microscopies, and optical spectroscopies of surfaces. The Department hosts UHV variable-temperature STM systems, MBE growth systems for III-V semiconductors and chalcogenides integrated with photoemission, and a recently installed high-resolution photoemission setup for organic films. Research mainly focuses on the structural, electronic, and optical properties of systems ranging from phase-change materials, molecular assemblies, and low-dimensional materials to carbon-based nanomaterials, catalysts, topological insulators, superconducting films, and Josephson junctions, within a multidisciplinary framework integrating theory, synthesis, and applications.

## Growth, properties and applications of Phase-Change Materials (PCMs)

Artificial intelligence and IoT make conventional computing increasingly costly in energy and sustainability, calling for alternatives to Von Neumann cloud-based architectures in favor of in-memory near-sensor computing. Applications span automotive and aerospace to biomedical fields [Sci. Adv. 11, eadt7633 (2025)]. PCMs are among the most relevant materials for non-volatile memories and neural networks with minimal power consumption. The high crystalline perfection of our epitaxial PCMs has unlocked the investigation of unique properties: in the case of Ge-rich GeSbTe films, we demonstrated an almost plane-confined ferroelectric polarization unique among both 2D and bulk ferroelectric materials [Adv. Science 11, 2304785 (2024)]. PCM-based devices can be manufactured according to circular-economy principles for flexible edge electronics. We demonstrated the excellent thermal and mechanical stability of GeSbTe alloys on flexible substrates, with wide resistance contrast enabling multi-level data encoding [Adv. Electr. Mater. 11, (2025)].

## Theoretical-computational modeling and design of complex and innovative materials

The modeling and design of novel advanced materials increasingly rely on predictive simulations of structure-property relationships and excited-state phenomena. The group develops and

applies state-of-the-art *ab initio* approaches, from DFT to MBPT, to model and predict the electronic and optical response of semiconductors, 2D materials, and van der Waals heterostructures, with direct relevance to optoelectronics and energy conversion [Nano Lett. 25, 8604 (2025), Nano Lett. 25, 3375 (2025)]. A complementary effort addresses multiscale and hybrid quantum-classical strategies to model light-matter interaction in realistic, complex systems, enabling simulations of response properties in extended condensed-phase systems, including liquids, interfaces, and nanostructures such as metallic nanoparticles and graphene-based platforms, also characterized by atomistic defects [Nano Lett. 25, 10802 (2025)].

## Many-body quantum theory for nonequilibrium materials and ultrafast phenomena

The group develops advanced many-body approaches to describe nonequilibrium quantum materials and ultrafast phenomena in condensed matter. Its research focuses on nonequilibrium Green's functions, excitonic dynamics, and electron-phonon interactions, with emphasis on real-time simulations of correlated materials driven far from equilibrium. Recent highlights include the derivation of an exact formula for the phonon lifetime and of the exact equation of motion for coherent phonon dynamics [Phys. Rev. B 111, 024307 (2025), Phys. Rev. B 111, 144309 (2025)].

### Investigation of advanced and low-dimensional materials

The investigation of advanced low-dimensional materials increasingly relies on cryogenic scanning probe microscopy, photoemission, and x-ray absorption spectroscopies, including synchrotron-based measurements. The group hosts the only Scienta-Omicron Infinity close-cycle STM/AFM in Italy, enabling atom manipulation, on-surface chemistry, and atomic-resolution spectroscopy. Research activities span: the electronic and structural characterization of two-dimensional materials, with recent work on  $\text{ZrSe}_2$  revealing how point defects, grain boundaries, and edge terminations govern local electronic properties and material stability [ACS Appl. Nano Mater. 2025; Mater. Today Adv. 2025]; the sub-molecular investigation of self-assembled molecular architectures and on-surface polymerization reactions, including the synthesis of atomically precise organic platforms [Nat. Commun. 16, 10597 (2025)].

### Synthesis and Investigation of nanomaterials

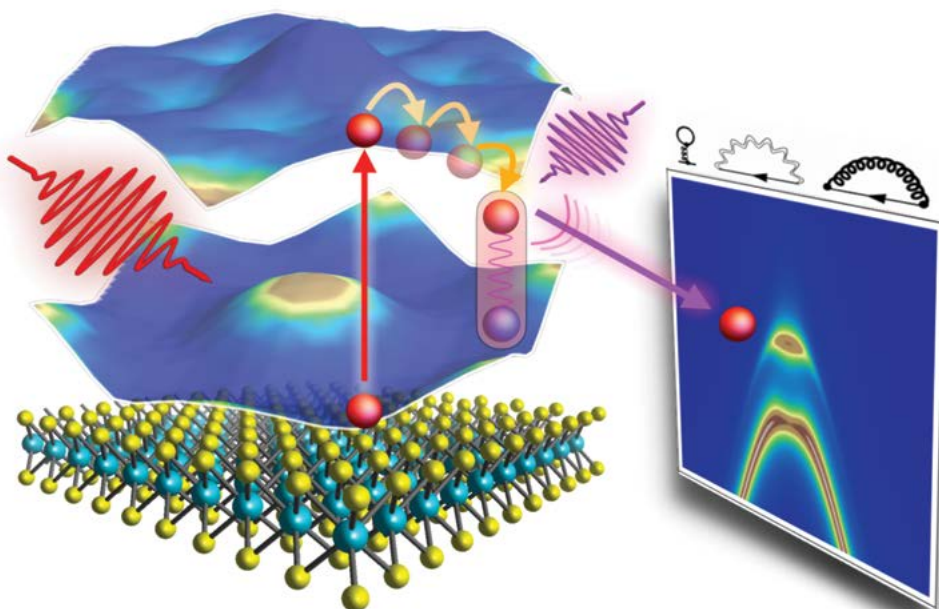
The research activities involved different investigation topics: i) synthesis of 3D carbon-based nanostructures for water purification from heavy metals [ACS Appl. Nano Mat. 8, 13199 (2025)] and as antenna working in the RF; ii) in-situ growth of aligned film of carbon nanotubes on patterned substrates for charged particles detection; and iii) fabrication of 2D ordered layers of boron for sensing applications.

### Electronic and optical properties of organic, chiral, and low-dimensional materials

The group develops advanced experimental approaches to investigate the structural, electronic, and optical properties of organic, chiral, and low-dimensional materials. Its activity combines in situ optical spectroscopies, x-ray photoemission, and high-resolution scanning probe microscopies to study thin-film growth, surface-confined molecular organization, and molecule-substrate interactions in vacuum and liquid environments. The group also investigates prebiotic and astrochemical processes at solid surfaces, alongside real-time characterization of epitaxial growth and nanoscale ordering phenomena in functional molecular and inorganic systems.

### Nanomaterials for photonics

Broadband low-voltage photodetectors are relevant for many applications, but current devices remain expensive and limited by slow response times. The group develops ultrafast, low-voltage, broadband, cost-effective photodetectors with sensitivity  $\geq 1$  A/W. We investigate van der Waals materials and heterojunctions to combine the most favorable optoelectronic properties of different components. The laboratory hosts two vapour-liquid-solid growth furnaces operating up to  $1200^\circ\text{C}$  and  $1600^\circ\text{C}$ , with instrumentation for current-voltage characterization under dark and illuminated conditions in the visible and infrared regions, at room and liquid-nitrogen temperatures. Recent activities include carbon nanotube growth and heterojunction-based photodetectors for broadband operation [Appl. Nanosci. 15, 2 (2025)].



# Topological sensing with graphene nanoribbons

di Domenico Corona

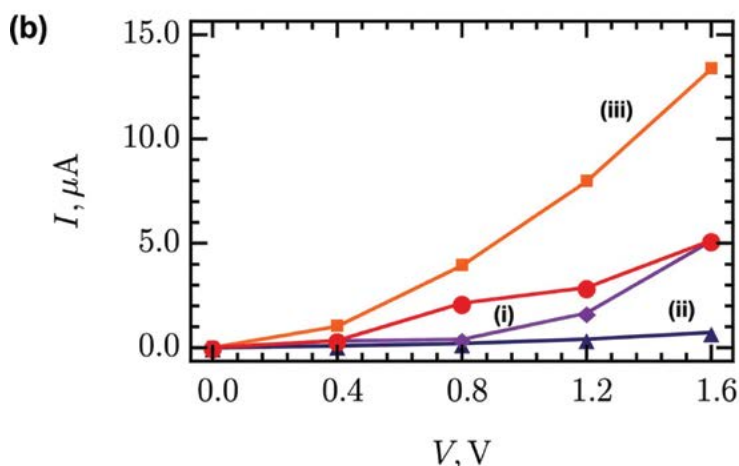
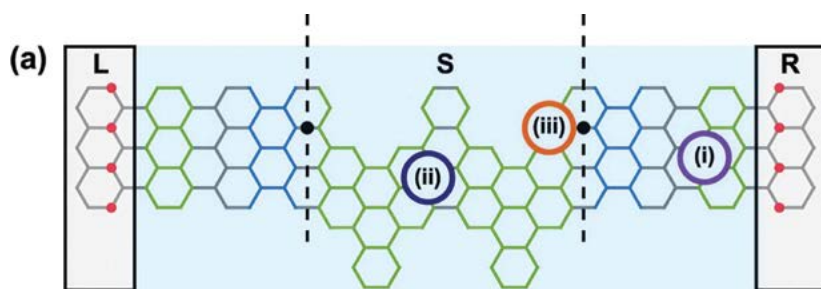
**A** topological-chemistry interpretation of graphene nanoribbon heterojunctions demonstrates that localized topological junction states can function as chemically active and electrically readable sites for gas sensing. Instead of limiting these states to spintronics or quantum-computing contexts, the authors show that their spatial localization can enhance analyte interaction and generate a measurable transport response for NO<sub>2</sub> detection.

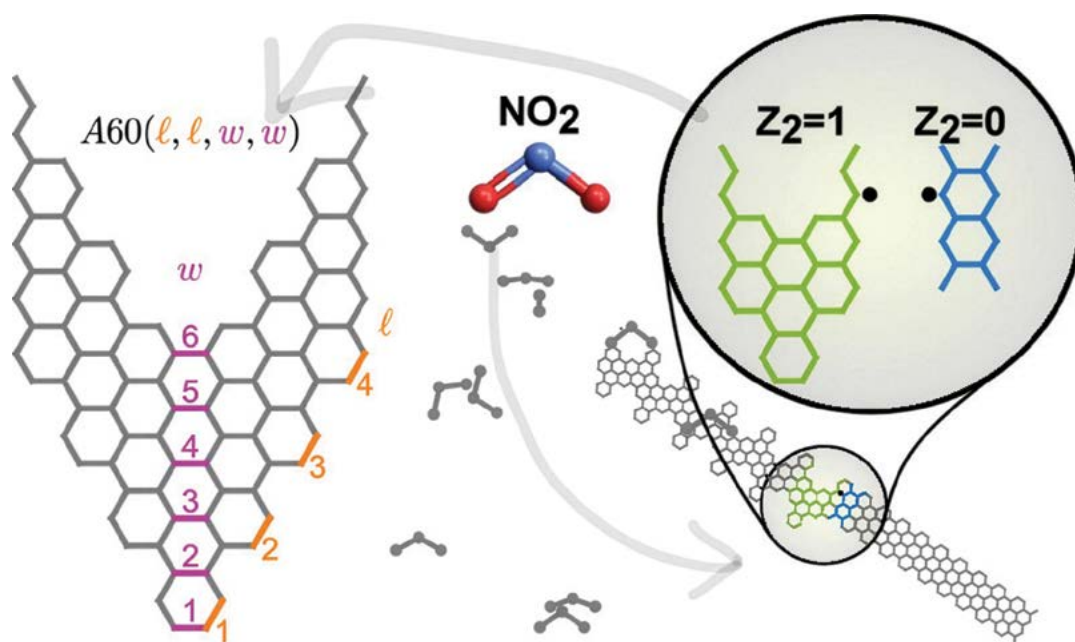
The theoretical foundation is a systematic topological classification of graphene nanoribbon junctions, with special emphasis on the extended chevron-like A60 family. Using a tight-binding Hamiltonian and the intercellular Zak phase in periodic gauge, the work assigns  $Z_2$  invariants to ribbon unit cells and predicts when interfaces between distinct

topological phases should host localized junction modes through bulk-boundary correspondence. The analysis also compares topological, trivial, and metallic or ill-defined cases to clarify the limits of the classification.

The study then resolves a central finite-size ambiguity by separating genuine

topological junction states from ordinary end states produced by undercoordinated carbon atoms. By modifying ribbon terminations and removing atoms responsible for unpaired-electron end states, the authors show that the true junction-localized mode persists while spurious end-localized states disappear.





**It is shown an unambiguous identification strategy for genuine topological junction states in finite nanoribbon structures.**

To enable experimentally practical readout, the paper introduces a mirror-symmetric double-junction architecture in which a short topological A60(2,2,4,4) segment is embedded between trivial AGNR(7) segments. Density functional theory shows weak hybridization of the two nearby junction states, producing symmetric HOMO-LUMO splitting around the Fermi level while preserving strong localization in the junction region.

**It is proposed a transport-compatible, symmetry-preserving dou-**

**ble-junction design that retains localized topological frontier states.**

The chemical relevance is demonstrated with NO<sub>2</sub> adsorption. Compared with adsorption on AGNR and A60 bulk-like sites, the topological junction exhibits markedly stronger binding, about -0.66 eV versus about -0.27 to -0.30 eV, together with substantially larger charge transfer and adsorption-induced spin splitting of junction-derived frontier states.

**It is reported direct evidence that topological junction states act as electronically activated adsorption centers with enhanced selectivity and coupling to NO<sub>2</sub>.**

Finally, DFT plus nonequilibrium Green's function simulations of a lead-double-junction-lead device predict measurable low-bias currents in the tens of microampere range and an approximately twofold current increase when NO<sub>2</sub> adsorbs at the topological junction, whereas adsorption at less favorable non-junction sites suppresses current. The estimated room-temperature recovery time for junction adsorption, approximately 0.15 s, remains compatible with rapid sensing cycles.

**Overall, it is presented a complete theory-to-device demonstration of topological sensing with strong current contrast and fast recovery.**

For more information: *Nano Lett.* 2025, 25, 26, 10594–10602

# A wearable tool for real-time dose monitoring during cancer radiation therapies

di Sabrina Calvi

**C**ancer remains a leading cause of mortality worldwide, accounting for about one in six deaths. Radiotherapy is one of the most common cancer treatments, exploiting high-energy ionizing radiation to damage or inhibit tumor cell growth. Different types of ionizing radiation interact with matter through diverse mechanisms, leading to different energy deposition within the patient's body. Delivering radiation selectively remains a key challenge in radiotherapy, as ionizing radiation also affects healthy tissues. Real-time, in situ dose monitoring during therapy through a thin, wearable and low-interfering device could significantly improve the quality and precision of patient care. Organic semiconductor-based detectors have demonstrated unique advantages, being processable by solution at low cost and low temperature as large-area conformable devices. Their density and chemical composition make them equivalent to human tissue in terms of radiation absorption, simplifying calibration and post-processing.

In this framework, we recently proposed a fully organic, flexible indirect detector characterized under a 5 MeV proton beam [*npj Flexible Electronics* 7 (1), 5 (2023)]. The device is formed by an organic phototransistor [*Org. Electron.* 102, 106452 (2022)] coupled with a polysiloxane-based scintillator.

Building on these promising results, we further investigated the performance and operating principles of this technology, developing an analytical model to reproduce the detector response and provide full control over dosimetric characterization under actual clinical conditions [*Sci. Adv.* 11, eadt7633 (2025)]. Here we show that, through proper functionalization of the scintillating material, fully organic indirect detectors are a versatile platform for wearable and conformable dosimeters capable of real-time monitoring of the absorbed dose during various cancer therapies. For this purpose, the system was characterized by simulating in situ

monitoring of the absorbed dose during radiation treatments under protons or thermal neutrons irradiation.

Under 200 MeV proton irradiation, commonly used for prostate cancer radiotherapy, our detectors showed excellent performance in actual clinical conditions. By simulating prostate cancer treatment through an anthropomorphic phantom, we observed that the device accurately maps the spatial distribution of the delivered dose, with a linear response for doses above 220 mGy, confirming its efficacy for real-time monitoring.

We also obtained interesting preliminary results under thermal neutrons used in Boron Neutron Capture Therapy (BNCT), at the cutting edge for selective treatment of cancers such as head and neck tumors. Irradiation tests performed at low neutron beam fluxes, of about  $10^4 \text{ n s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ , showed that the detector response scales with the beam intensity, although losing linearity

possibly due to the weak signal. These preliminary results highlight the potential of this platform for real-time dose monitoring during BNCT, where higher fluxes of epithermal neutrons are typically used ( $10^8$  to  $10^9 \text{ n s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ ).

Overall, this class of detectors combines mechanical flexibility, large-area scalability, tissue equivalence and thin film design. Proper scintillator functionalization enables the detection of multiple medically relevant ionizing radiation types, while the response remains stable and reproducible even after prolonged and intense radiation exposures. This fully organic indirect detector shows strong potential to improve the precision and safety of radiation therapies through accurate real-time dose monitoring.

# Applied Physics

di Mattia Gaboardi

**T**he Applied Physics group brings together 9 permanent academic staff members and 10 non-permanent personnel including MSc and PhD students and post-doctoral researchers. This research area covers a broad and highly multidisciplinary spectrum, encompassing experimental physics, modelling, biotechnology, biomedical physics, chemical physics, and cultural heritage, with activities widely recognised in the European and international landscape. Noteworthy are the strong connections with state-of-the-art international infrastructures such as synchrotron facilities (*i.e.* PETRA III in Germany, the European Synchrotron Radiation Facility in France, and ELETTRA Sincrotrone Trieste); Free Electron LASERS (*i.e.* EuXFEL in Germany); the International Space Station (ISS); Heavy-ion accelerators (*i.e.* GSI in Germany and CNAO in Pavia); as well as neutron and muon sources (*i.e.* the ISIS-STFC pulsed facility in the UK and the European Spallation Source in Sweden). Moreover, innovative X-ray techniques are being developed using compact accelerator-driven and LASER-driven sources and implemented in users-access facilities (see EUPRAXIA@SPARC\_LAB and EuAPS at the Frascati National Labs). These activities are structured along three coordinated research lines, as better described in the following paragraphs.

## Biophysics and physics of hearing

Research in this sector investigates the physics of biological systems, with particular emphasis on metal-protein structure, interactions, and multi-scale dynamics as well as structure-function relationships. These investigations are addressed *via* spectroscopic and structural studies with frequent experimental campaigns at synchrotron facilities and Free Electron Lasers (FELs), complemented by high-performance computational approaches such as classical and *ab-initio* Molecular Dynamics (MD) and Monte Carlo (MC) simulations. Worth of note is the development of advanced photon-based techniques through international collaborations such as those with the EuropeanXFEL and EuPRAXIA. Important efforts are also devoted to the use and development of crystallographic methods and spectroscopic techniques using state-of-the-art X-ray facilities.

Related to the human auditory system, several activities are carried out in the field of Medical Physics of OtoAcoustic Emissions (OAE) and Audiology, in strong collaboration with the INAIL institute, with major emphasis on the study of astronaut health during space missions on the International Space Station (ISS) and the study of neurodegenerative disorders. This research develops along two directions: on the one

hand, advanced experimental acquisition techniques and optimisation of signal filtering and, on the other hand, improvement of non-linear 2D and 3D acoustic modelling. Attention is also placed on applications in the field of intracranial pressure in relation to astronauts' auditive system, aging-related effects, and prevention.

## Nuclear physics applied to medical physics, astrophysics, and radiation protection

This field primarily involves the study of ionising radiation and its interaction with matter in medical and space contexts, drawing impact in radiobiology, medical physics, radiotherapy, and radiation protection in space. A major focus concerns hadron therapy and the development of advanced methodologies for radiation detection and dosimetry. Experimental and simulation activities support the characterisation of radiation fields in space habitats, the assessment of shielding materials, and the analysis of particle-induced biological effects. This research is fostered by international collaborations such as the FOOT experiment (FragmentatiON Of Target) aimed at improving tumour treatments in hadron therapy by studying the behaviour of the particle beams. Dedicated detectors and time-of-flight systems are designed for compact deployment,

including on orbital platforms. Worth mentioning is the development of the Monte Carlo code (FLUKA) for the simulation of particle radiation transport in matter.

Moreover, new methodologies to measure radiation dose release in biological matter are currently being developed to foster the future implementation of hadron therapy, that is, the use of particle beams for oncological treatment. The main objective is to explore in depth the processes underpinning novel medical therapies employing proton and hadron therapy, including the use of tissue-equivalent mock-ups (phantoms) to investigate the effects of particle fragmentation resulting from established methodologies (radiotherapy) and innovative approaches (e.g., Boron Neutron Capture Therapy or BNCT). To this end, magnetic measurements, imaging, spectroscopy, and tomography are combined with transport modelling to calculate and predict the dose distribution.

### **Compact accelerator-based sources and neutron science for multidisciplinary applications, research infrastructures, and instrumentation**

Advanced radiation sources are powerful tools for investigating matter at different scales and enabling new technologies across science, medicine, and industry. This line of research brings to the fore techniques and technologies for the use of radiation beam sources (specifically X-rays, neutrons, muons,

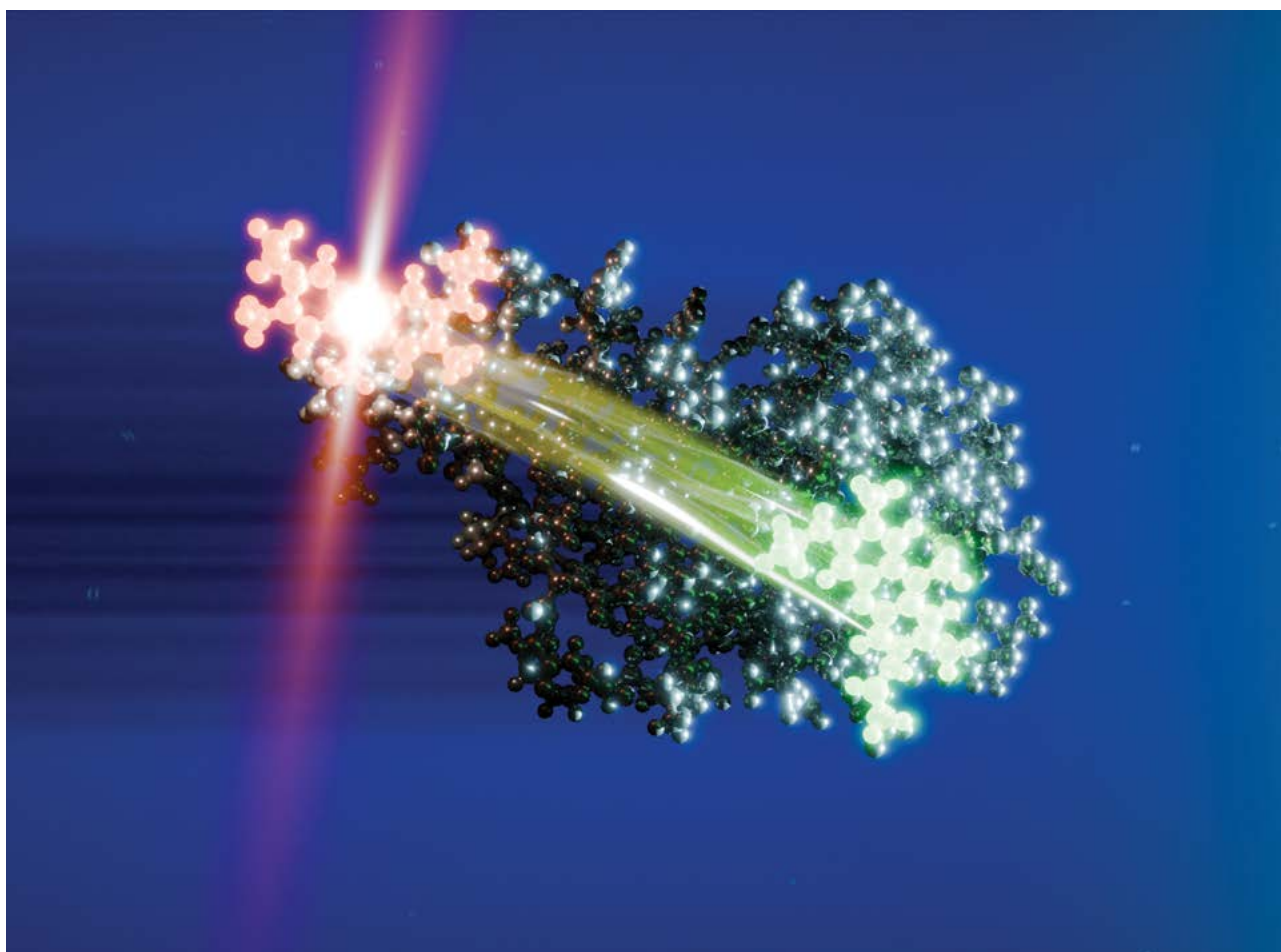
and electrons) in multiple fields such as composite materials for radiation protection, quantum effects in small molecules, functional materials for the green energy transition, the study of structure and dynamics in condensed matter systems, biomedical applications, and cultural heritage. These activities rely on access to a broad network of experimental infrastructures extending from medium-range laboratories to major international facilities.

Particularly relevant is the design of technologies based on plasma WakeField Acceleration (WFA), with the goal of realising ultra-compact sources of high-brightness and pulsed characteristic (e.g., betatron radiation). These efforts contribute to next-generation photon sources for scientific, medical, and industrial applications and are closely intertwined to large European infrastructure initiatives. The area also contributes to the advancement of time-pulsed and compact accelerator-driven neutron sources and to the design of associated experimental instrumentation (detectors).

# Structural stability of chromophore-grafted Ubiquitin mutants in vacuum

di Francesco Stellato

**T**his work is the result from a broad international collaboration bringing together expertise in molecular simulations, X-ray physics, and advanced imaging methods. X-ray and electron imaging methods are getting closer to “photographing” single proteins without the need to crystallize them. A promising strategy is single-particle imaging (SPI) at X-ray free-electron lasers, where many snapshots of identical particles are combined into a 3D reconstruction. A central obstacle is orientation: if proteins arrive in random orientation, much more data are needed, and reconstruction becomes harder. One strategy is to partially align proteins in the gas phase using weak external electric fields (EF)—especially relevant for aerosol or native mass-spectrometry-compatible injection schemes.



**In the article we ask a practical, enabling question for these approaches: can we attach charged fluorescent tags to a protein without destabilizing its structure in vacuum, and can the tags simultaneously help us monitor structural changes and improve alignment?**

We use ubiquitin (a small, extensively studied model protein) and design four engineered variants carrying two identical chromophores. One labeling site is fixed, while the second is moved to different positions on the protein surface, producing mutants that represent different tag-to-tag geometries. We then perform extensive molecular-dynamics simulations under vacuum-like conditions relevant to gas-phase experiments. To mimic different experimental “activation” levels (that is, how much internal energy the protein receives during transfer to vacuum and after EF exposition), we simulate multiple net charge states and increasing excitation conditions.

Our results show that under moderate activation, chromophore grafting does not markedly disrupt ubiquitin’s fold, and the labeled proteins remain broadly comparable to the wild type across many independent simulations. As activation increases, unfolding becomes more likely—as expected in vacuum—but we can clearly map how this depends on charge state and labeling design.

Since the chromophores are charged, labeling can increase the overall dipole moment of the protein in several condi-

tions. A larger dipole facilitates protein orientation with weaker EF, reducing experimental complexity. Overall, the work provides computational guidance for designing tagged proteins that remain structurally well-behaved in vacuum while offering measurable signals and improved prospects for controlled orientation in next-generation SPI experiments.

The study connects closely with the activities of the Biophysics group at the University of Rome Tor Vergata, which combines large-scale molecular-dynamics simulations with X-ray experiments at synchrotron and free-electron laser facilities, providing a coherent framework linking theory, modeling, and advanced photon-based structural methods.

For more information: Phys Chem Chem Phys, 2025, DOI: 10.1039/d5cp01297j

# New moderating materials for medical facilities using Boron Neutron Capture Therapy

di Giovanni Romanelli

**A** collaboration between our University and the University of Pavia and the INFN has resulted in an article by Margherita Simoni (PhD student at our Department) et al., published in the *Journal of Chemical Physics*, on the characterization of the interaction and moderation properties of new sintered composite materials of interest in the field of neutron moderation. The work was developed in the framework of the PNC-PNRR-ANTHEM project, for the construction of a new medical facility for the use of Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) being built in Italy, based on a 5 MeV, 30 mA radiofrequency quadrupole proton accelerator.

BNCT is a non-invasive form of binary radiotherapy that combines low-energy neutron irradiation with a boron-enriched drug, which preferentially accumulates in cancer cells. A beam with an appropriate energy spectrum for the treatment of deep-seated tumours is obtained by careful design of the Beam Shaping Assembly (BSA).

The study focused on several aspects related to the neutron response of the BNCT moderator, composed of a mixture of aluminium fluoride and magnesium fluoride, at different scales: the isotopic composition was related to the induced radioactivity following neutron irradiation, thus related affecting materials and radiation-protection; the crystal structure and motion at the atomic scale was linked to the moderation properties of neutrons and their spectrum at thermal energies; the manufacturing and sintering processes, which were expected to alter the crystallographic parameters with respect to bulk materials, were also found to have an effect on the grain size of crystallites in the alloy, affecting the angular distribution of

scattered neutrons by this element of the BSA.

The article provides information on the experimental characterization of the samples, performed at the VESUVIO spectrometer of the ISIS Neutron and Muon Source of the Rutherford Appleton Laboratory (picture). This instrument, historically linked to the Tor Vergata University through a decades-long continuous collaboration, provides the possibility to measure the total neutron scattering cross section over 8 orders of magnitude of the neutron energy. This possibility has allowed the modelling of neutron cross sections of several materials, spanning from fundamental systems to macromolecules and composite materials. Theoretical modelling of the samples at the nanometric and micrometric scales was also performed on the samples of interest for this study, within the NCrystal module which can be run in several Monte Carlo simulation environments for radiation transport calculations.



For more information: M. Simoni et al., *J. Chem. Phys.* 163, 164503 (2025); doi: 10.1063/5.0294270

# Experimental physics of fundamental interactions

di Lucio Cerrito

**T**his research area addresses the experimental investigation of nuclear and sub-nuclear phenomena and the elementary particles' fundamental interactions, including gravitational interactions. Competences in this area involve the functioning principles of the instrumentation used to detect and control those phenomena, the production and detection of radiation, and the treatment of experimental data. Competences include also the experimental research in the fields related to the particle accelerators, gravitational waves, nuclear reactors and radiogenic sources, radioactivity and nuclear and sub-nuclear particles of cosmic origin and of astrophysical interest.

As one of the largest experimental groups in physics of fundamental interactions in Italy, our research activities span a large range of areas, and activities are carried out in the Physics Department in synergy with the local division on the National Institute for Nuclear Physics (INFN). In addition to fundamental research and technological development, we lead or take part in many dissemination activities for the general public and in schools. More information on the University of Rome Tor Vergata Experimental Physics of Fundamental Interactions group activities can be found at: <https://www-en.fisica.uniroma2.it/> and choosing "Research" from the drop-down menu.

## Particle physics at colliders

ATLAS explores the Universe's smallest building blocks, seeking answers to fundamental mysteries, from the origin of mass to the nature of dark matter. In 2025, the **ATLAS experiment** continued to maximise the scientific potential of LHC operation. The Large Hadron Collider (LHC) delivered to ATLAS in 2025 a record  $125 \text{ fb}^{-1}$  of proton-proton

collisions, the highest of any year in LHC history. With this data, the ATLAS Run 3 dataset totals  $301 \text{ fb}^{-1}$  and the experiment unveiled in 2025 some of the most precise views yet of the quantum world, with important clues about where new discoveries may lie. In 2025, ATLAS found evidence that the Higgs boson decays into two muons, demonstrating that the Higgs mechanism also governs the mass of lighter elementary particles. Studies of the top quark highlighted subtle effects of the strong force at the energy threshold where tops can first form, and provided the mass of the top quark with a precision of about 0.3%. At the same time, preparations for the High-Luminosity LHC are underway as ATLAS is being upgraded with next-generation detector systems such as ultra-fast trigger and read-out systems, radiation-hard sensors, all-silicon inner tracker and precision timing detectors.

The **LHCb (Large Hadron Collider beauty) experiment** at CERN was delivered approximately  $12.6 \text{ fb}^{-1}$  of **proton-proton collision data by LHCb**, its largest dataset collected in a sin-

gle run year. This performance benefited from continued improvements in detector operation and beam stability. Throughout the year, LHCb scientists pursued its core mission of studying **flavour physics and matter-antimatter asymmetries**. One of the most notable achievements was the observation and detailed study of rare decay processes of beauty hadrons. In particular, updated analyses of rare **B-meson decays** confirmed persistent tensions with Standard Model predictions, extending earlier findings and stimulating further theoretical work. LHCb also contributed to breakthroughs in baryon physics, with the experiment observing **extremely rare baryon decay events**—processes with probabilities of around one in one hundred million—providing new insights into fundamental particle behaviour. In addition to proton-proton physics, LHCb uniquely exploited its **SMOG2 fixed-target system** to record **special light-ion collision data** (proton-oxygen, oxygen-oxygen, neon-neon), expanding the range of studied interactions and enriching heavy-ion physics programs.

The future of the energy frontier after the LHC is also being discussed. The European Strategy Group, appointed by the CERN Council, recommended in December 2025 an electron–positron Future Circular Collider (FCC-ee) as the preferred option for the next flagship collider at CERN. It would provide a platform for a visionary physics programme addressing many of the open questions in particle physics, notably about the Higgs boson, that are critical to understanding the foundations of the Standard Model and to opening up opportunities for discovering new physics beyond the Standard Model, while at the same time driving the development of new technologies that will have a significant positive impact on society.

### **Gravitational wave physics with Virgo and Einstein telescope**

In 2025, gravitational-wave science reached another milestone for the Virgo collaboration and the international detector network. The fourth observing run (O4) of the LIGO-Virgo-KAGRA (LVK) network, which began on 24 May 2023 and concluded on 18 November 2025, was successfully completed after more than two years of coordinated observations. The network identified around 250 new candidate signals from the coalescence of compact objects such as black holes and neutron stars, bringing the total number of known gravitational-wave events to roughly 350.

The analysis of O4 data is still ongoing, and several results have already been published. These include updated transient catalogs and studies that refine our understanding of binary black hole and neutron star populations, while testing Einstein's General Relativity with increasing precision. The latest catalog release (GWTC-4.0) highlights key findings, from population properties to searches for gravitational lensing effects in the detected signals.

Looking ahead, 2025 also marked the completion of a Technical Design Report for the upgrade of the Virgo detector. The planned improvements aim to enhance Virgo's sensitivity by about a factor of three. This increase would expand the observable volume of the Universe by roughly an order of magnitude and significantly boost the expected detection rate, enabling routine observations of more distant and diverse sources.

At the same time, progress continued toward the Einstein Telescope (ET), Europe's proposed third-generation gravitational-wave observatory. In 2025, researchers released studies on the optical configuration of the ET detector, defining how advanced interferometry and novel technologies can be combined to achieve sensitivity improvements well beyond those of current instruments. Site characterization activities also advanced at Sos Enattos in Sardinia, Italy, where detailed seismic and

environmental measurements confirm exceptionally low background noise, making it a strong candidate to host the future underground observatory.

### **Underground physics at the Gran Sasso National Laboratory (LNGS)**

Underground laboratories enable the study of extremely rare processes by shielding experiments from cosmic rays and natural backgrounds. In 2025, the group strengthened its activity at LNGS by launching the newly approved GAIAS programme and contributing to the CUPID experiment. CUPID is a next-generation search for neutrinoless double beta decay with enriched scintillating bolometers, addressing fundamental questions on the nature of neutrinos and the origin of their mass. GAIAS studies weak interactions in nuclei through precision measurements of forbidden beta decays with ultra-low-background scintillating crystals developed for this purpose. The experiment aims to measure the effective axial coupling  $g_A$ . Together, GAIAS and CUPID connect searches for new physics in the unique environment of LNGS.

# Ten years after the first detection of gravitational waves, a new signal confirms the deepest properties of black holes

di Viviana Fafone

**O**n the tenth anniversary of the first detection of gravitational waves, the LIGO, Virgo, and KAGRA (LVK) collaborations have announced the observation of a new signal produced by the merger of two black holes: GW250114. The two objects involved share remarkably similar properties — in mass and distance — to those of the historic first event observed in 2015, GW150914. However, a decade of technological advances in gravitational-wave interferometers and data analysis methods has enabled researchers to “hear” this new signal three times as clearly as that groundbreaking first detection, paving the way for even more stringent experimental tests.

This observation has allowed scientists to probe two fundamental properties of black holes: that when perturbed, they “ring” exactly as predicted by Einstein’s General Relativity, and that their area — and therefore their entropy — can only increase.

Thanks to the exceptional quality of the signal, researchers achieved an unprecedentedly precise characterization of the damped oscillation phase (ring-down) of the final black hole formed after the merger. According to the mathematical solution proposed by Roy Kerr, a rotating black hole can emit only specific vibration frequencies, determined by its mass and spin. LVK researchers carefully isolated the gravitational signal emitted by the final object, identifying with high statistical confidence at least two of the theoretically predicted frequencies. The result confirms that the remnant of GW250114 is a “simple” black hole, fully described by its mass and rotation.

At the same time, the analysis tested another key principle. In the 1970s, Stephen Hawking and Jacob Bekenstein proposed that the area of a black hole’s event horizon is proportional to its entropy — that is, to the measure of its internal disorder. If this conjecture is correct, the total area after a merger cannot be smaller than the sum of the initial areas. By comparing independent measurements obtained before and after the collision, scientists confirmed that the GW250114 event indeed increased the entropy of the Universe.

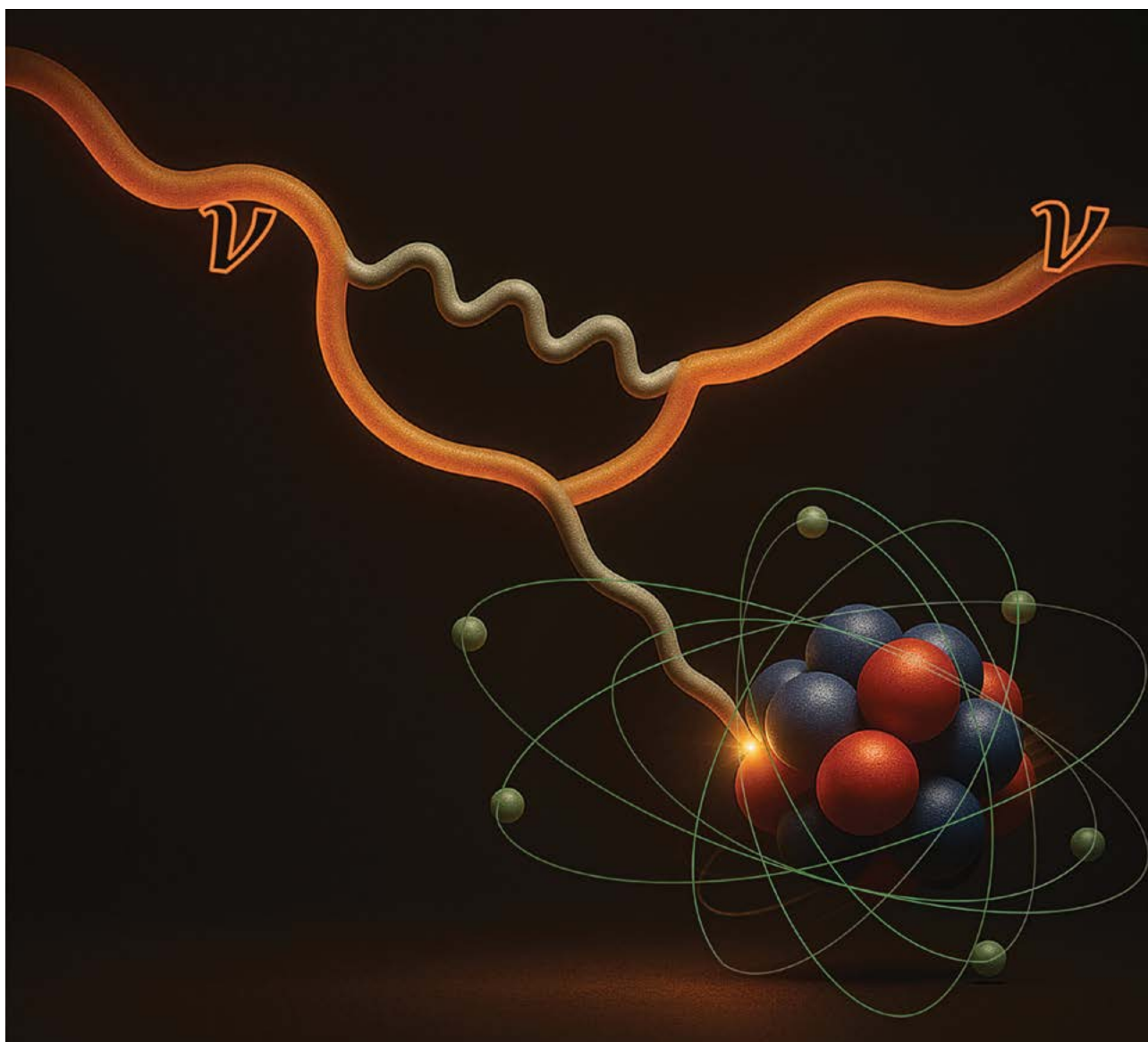
The detection of GW250114 is the result of decades of collective effort: improving detector sensitivity, deepening the theoretical understanding of black hole behavior, and developing increasingly sophisticated techniques to extract their faint gravitational “sound” from the data.

For more information: LIGO Scientific, Virgo, and KAGRA Collaborations GW250114: *Testing Hawking’s Area Law and the Kerr Nature of Black Holes*, Phys. Rev. Lett. 135, 111403, 2025  
DOI: <https://doi.org/10.1103/kw5g-d732>

# Ghost particles, sharp tests: neutrinos challenge the standard model

di Mattia Atzori Corona

**A** study published in *Physical Review Letters*, entitled *Standard Model Tested with Neutrinos*, shows how low-energy neutrino experiments can become precision tools to test the fundamental theory describing known particles and interactions: the Standard Model. The work, carried out by researchers from Cagliari, Turin, and the Gran Sasso National Laboratories, also involved Mattia Atzori Corona, a researcher affiliated with the INFN section in Rome Tor Vergata.



Low-energy neutrino experiments have quietly become precision instruments for testing the Standard Model, the theory that describes all known particles and forces except gravity. This study shows that existing data are already sensitive to tiny quantum effects in the way neutrinos interact, effects that were previously thought to be accessible only with giant accelerators.

Neutrinos are often called “*ghost particles*” because they almost never interact with matter. They stream through us in unimaginable numbers yet almost never leave a trace. Over the past decades, experimentalists have learned how to capture a tiny fraction of these elusive particles, observing them as they scatter off electrons and, more recently, entire atomic nuclei. Different experiments do this in different ways: some use neutrinos from nuclear reactors or particle accelerators, while others rely on solar neutrinos recorded by dark matter detectors buried deep underground. So far, however, each of these measurements has largely been studied on its own.

In this Letter, the authors bring all these strands together for the first time. By combining decades of data into a single coherent framework, the work turns a mosaic of individual experiments into a unified, high-precision test of the Standard Model. This global analysis allows the authors

to pin down how large neutrinos appear to the electromagnetic force, the only electromagnetic property that the Standard Model permits them to have,, and at the same time to measure how strongly they couple to the weak force using only low-energy data.

The result is twofold. On one hand, the Standard Model passes an extraordinarily stringent test: much of the parameter space for new exotic interactions is now tightly constrained. On the other hand, the analysis reveals a small but intriguing deviation from the textbook prediction, a hint that is not yet conclusive but important to investigate with future measurements.

Beyond that, the study sets the stage for a new program: using increasingly sensitive low-energy neutrino and dark-matter detectors as precision instruments, capable of performing tests that once seemed to require only the highest-energy colliders. It offers a new reference point for ongoing and upcoming experiments and a clear roadmap for how “tabletop” neutrino measurements can continue to challenge our best theory of fundamental particles.

For more information: Phys. Rev. Lett. 135, 231803 (2025)





## Dipartimento di Fisica

Università degli Studi di Roma Tor Vergata  
Via della Ricerca Scientifica, 1  
00133 Rome (Italy)

Tel: +39 06 7259 4304 / Fax: +39 06 2023507

Fiscal Cod: 80213750583

VAT Number: 02133971008

Institutional Email: [fisica@roma2.infn.it](mailto:fisica@roma2.infn.it)

Legal Email (PEC): [fisica@pec.torvergata.it](mailto:fisica@pec.torvergata.it)

Email for information on degree programmes: [infostudenti@roma2.infn.it](mailto:infostudenti@roma2.infn.it)

Office Unique Identified: 3U2CTE (link "Indice delle Pubbliche Amministrazioni")