



DIPARTIMENTO DI SCIENZE  
MATEMATICHE E INFORMATICHE,  
SCIENZE FISICHE E SCIENZE DELLA TERRA  
Dottorato di Ricerca in Fisica

## Appunti di Fisica Teorica XI

27 maggio ore 9:30  
Sala Seminari, CNR-IPCF

### Nadia Balucani

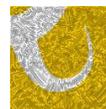


**La chimica prebiotica nello spazio: dove, come, quando**

*Dip. di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Università di Perugia e Osservatorio  
Astronomico di Arcetri*

### Matteo Tommasini

**Applicazioni della spettroscopia vibrazionale allo  
studio di materiali avanzati: la sinergia tra teoria ed  
esperimenti**



*Dip. di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "G. Natta", Politecnico di Milano*

### Giovanni Barcaro



**I metodi computazionali multi-scala applicati alla  
struttura dei nanomateriali: cosa sono e come ci  
possono aiutare?**

*Istituto per i Processi Chimico-Fisici del CNR, Pisa*

### Erika Cortese

**Polaritonica in regimi non perturbativi: uno strumento  
efficace per la manipolazione di luce e materia**



*School of Physics and Astronomy, University of Southampton, UK*

### Giorgio Arcadi



**Prospettive attuali e future della Fisica Astroparticellare**

*Dip. di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della  
Terra, Università di Messina*

<https://appuntidifisicamessina.wordpress.com>



Alep0-0 è un progetto di arte  
generativa quantistica e  
interattiva in blockchain  
realizzato da  
HACKATAO+Insight

[void.hackatao.com](http://void.hackatao.com)  
[linktr.ee/insightbart](http://linktr.ee/insightbart)

Progetto ed elaborazione grafica della copertina a cura di Sonia Marrara.

## PRESENTAZIONE

Appunti di Fisica — in collaborazione con i gruppi OPTICA Chapter di Messina e Young Minds della European Physical Society e col Dottorato di Ricerca in Fisica dell'Università di Messina — rinnova anche quest'anno l'invito a partecipare alla giornata di studio "Appunti di Fisica Teorica", che giunge alla sua undicesima edizione e che si svolgerà lunedì 27 Maggio, a partire dalle 9:30 presso la sala conferenze del CNR-IPCF di Messina.

Dopo i saluti istituzionali, l'apertura dei lavori scientifici sarà affidata alla Prof.ssa Nadia Balucani che parlerà di chimica prebiotica nello spazio. A seguire, dopo il coffee break, avremo le relazioni del Prof. Matteo Tommasini, che ci parlerà di applicazioni della spettroscopia vibrazionale allo studio di materiali avanzati in sinergia tra teoria ed esperimenti, e del Dr. Giovanni Barcaro che illustrerà i metodi computazionali multi-scala e le loro applicazioni ai nanomateriali. Dopo la pausa pranzo, che trascorreremo tutti insieme secondo la tradizione di queste giornate, aprirà la sessione pomeridiana la Dr.ssa Erika Cortese parlando della polaritonica in regimi non perturbativi come strumento per la manipolazione di luce e materia e, infine, chiuderà le danze il Dr. Giorgio Arcadi che discuterà le prospettive attuali e future della fisica astroparticellare.

Grazie a tutti coloro che hanno contribuito e contribuiranno alla riuscita di questa giornata, in particolare a relatrici e relatori che hanno accolto con entusiasmo il nostro invito, alle studentesse e agli studenti dei Corsi di Laurea in Fisica e della Scuola di Dottorato di Ricerca dell'Università di Messina, la cui partecipazione è per noi il senso stesso di quello che facciamo. Un sentito ringraziamento a Università di Messina, CNR-IPCF e OPTICA per il supporto organizzativo e materiale all'iniziativa. Grazie al Prof. Domenico Majolino, direttore del Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della Terra, al Prof. Giuseppe Mandaglio, Coordinatore del Corso di Laurea triennale e magistrale in Fisica, e alla Prof.ssa Enza Crupi, coordinatrice del Dottorato di Ricerca in Fisica, per aver fortemente incoraggiato la presenza dei dottorandi all'evento e per il continuo sostegno alle attività di Appunti di Fisica. Grazie infine al Dott. Onofrio Maragò, nella doppia veste di Appuntista e direttore dell'Istituto per i Processi Chimico-Fisici del CNR, per la tradizionale ospitalità, e all'intero staff tecnico e amministrativo dell'Istituto per avere curato al meglio l'organizzazione logistica della giornata.



## Appunti di Fisica



DIPARTIMENTO DI SCIENZE  
MATEMATICHE E INFORMATICHE,  
SCIENZE FISICHE E SCIENZE DELLA TERRA  
Dottorato di Ricerca in Fisica

**Appunti di Fisica** nasce nel 2005 in occasione delle celebrazioni del centenario dell'*annus mirabilis* di Einstein e da allora è un appuntamento fisso della comunità dei fisici messinesi. Ma cos'è **Appunti di Fisica**? Una serie di seminari, un momento di incontro, un'occasione per parlare insieme di Fisica (e non solo, anche di Chimica, Biologia, Filosofia...), uno spunto per uscire dai confini dei nostri studi/laboratori e confrontarci con colleghi che lavorano in ambiti diversi magari rendendo il tutto più piacevole con un assaggio finale di dolcetti. **Appunti di Fisica** è un esperimento felice di comunicazione scientifica perché siamo convinti che parlando nascano idee, collaborazioni, si veicolino conoscenze e forse ci si trasmetta anche un po' di entusiasmo. Condividere i nostri interessi ed il nostro bagaglio di conoscenze, piccolo o grande che sia, non può che essere un arricchimento per tutti. Ad **Appunti di Fisica** non ci sono spettatori, ma si partecipa tutti in un'atmosfera informale e rilassata. In questa ottica gli studenti diventano parte attiva e principali interlocutori del nostro messaggio di promozione scientifica. **Appunti di Fisica** siamo noi, che ci incontriamo per sentire di essere parte di una comunità che condivide la voglia di studiare, di scoprire, di crescere insieme.

I seminari proposti all'interno della programmazione di **Appunti di Fisica** hanno di solito cadenza quindicinale, una durata di circa 45 minuti e sono seguiti da un'ampia discussione sulle tematiche proposte. I seminari si svolgono alternativamente presso i locali del Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della Terra (MIFT) dell'Università degli Studi di Messina e presso quelli dell'Istituto per i Processi Chimico-Fisici (IPCF) del CNR di Messina. Questa alternanza per noi sottolinea il senso di appartenenza ad un'unica comunità scientifica che vuole crescere attraverso il dialogo, veicolando conoscenze ed esperienze. Dal 2020, a causa della pandemia, abbiamo sperimentato anche la modalità di seminari on line, su piattaforma Microsoft Teams di ateneo. Malgrado questa modalità privi della dimensione sociale dell'incontro, tuttavia offre la possibilità di ospitare relatori provenienti da paesi stranieri e di estendere la platea dei seminari oltre i confini messinesi.

Dal 2007 **Appunti di Fisica** organizza con cadenza annuale un workshop dedicato a

temi di Fisica Teorica, divenuto un appuntamento ormai fisso nel quale la comunità dei fisici messinesi — studenti, ricercatori e docenti dell'Università e del CNR — si incontra e discute in un'atmosfera informale sulle ultime ricerche nel campo, grazie agli spunti forniti dai seminari di studiosi provenienti da atenei ed enti di ricerca messinesi e siciliani e da altre sedi nazionali ed internazionali.

**Appunti di Fisica** è un'iniziativa organizzata e curata da ricercatori appartenenti sia al CNR-IPCF sia al MIFT: Dino Costa (UniME), Antonella Iatì (CNR-IPCF), Onofrio Maragò (CNR-IPCF), Franz Saija (CNR-IPCF), Salvatore Savasta (UniME) e Marina Trimarchi (UniME e INFN).

<https://appuntidifisicamessina.wordpress.com>



Networking internazionale, promozione della scienza e coinvolgimento di giovani ricercatori nella comunità scientifica, sensibilizzazione delle comunità locali verso le tematiche di studio e di ricerca nel campo della fisica ed in particolare dell'ottica: questi sono gli obiettivi principali su cui si fondano il progetto "Young Minds" supportato dalla Società Europea di Fisica (EPS) e lo "Student Chapter" di OPTICA, conosciuta in precedenza con il nome di Società Americana di Ottica (OSA).

Fin dalla fondazione i gruppi si sono impegnati ad organizzare eventi divulgativi, tra i quali:

- Seminari e convegni che contribuiscono ad ampliare le conoscenze dei membri del gruppo anche al di fuori del loro campo specifico di interesse.
- Allestimento di piccoli laboratori didattici nelle scuole, attraverso giornate di orientamento per studenti di tutte le età, volte a stimolare le nuove generazioni e sottolineare l'importanza della ricerca scientifica.
- Visite a industrie e laboratori di ricerca locali per avere una visione sulle possibili opportunità di lavoro nel settore scientifico, cercando di ottenere un punto di contatto tra ricerca e industria.
- Partecipazione a conferenze internazionali per favorire l'interazione con altre organizzazioni studentesche e mettere in risalto l'importanza del networking.
- Formazione di una comunità scientifica vivace composta principalmente da giovani che si riuniscano periodicamente per discutere e scambiare idee.

Da ormai molti anni, i gruppi sono molto attivi nel campo dell'orientamento studentesco a livello di istruzione primaria e secondaria, ma anche all'interno delle Università. Il successo delle nostre attività è legato non solo al coinvolgimento degli studenti in semplici esperimenti

didattici ma anche al saper fornire ai più giovani degli strumenti per avvicinarsi al mondo scientifico e al continuo sviluppo tecnologico. In particolare, all'interno della nostra Università i gruppi garantiscono nuovi spazi di aggregazione e di studio agli studenti per rendere più interessante e stimolante la vita universitaria. Volendo menzionare solo gli eventi del 2023 che hanno riscontrato maggiore partecipazione, non solo di studenti universitari e del mondo accademico ma anche del grande pubblico, citiamo (i) la partecipazione a MED-NIGHT, la "Notte mediterranea delle ricercatrici", (ii) la partecipazione al Festival Cosmos a Reggio Calabria, (iii) l'organizzazione della giornata di studio "Sulle tracce dell'origine della vita: dal laboratorio all'esplorazione spaziale", nell'ambito delle iniziative promosse per la "Giornata Internazionale della Luce". I nostri gruppi sono dedicati a tutti coloro che amano la fisica e si trovano nella nostra zona. Se siete interessati ad unirvi alla nostra sezione, fatevi avanti: siete i benvenuti!



[EPS Young Minds & OSA Messina Student Chapters](#)

## PROGRAMMA

27 Maggio 2024, Sala Conferenze del CNR-IPCF

- 09:30 — 10:00 Apertura dei lavori e saluti istituzionali
- 10:00 — 10:40 *La chimica prebiotica nello spazio: dove, come, quando*  
**Nadia Balucani**
- 10:40 — 11:10 Coffee break
- 11:10 — 11:50 *Applicazioni della spettroscopia vibrazionale allo studio di materiali avanzati: la sinergia tra teoria ed esperimenti*  
**Matteo Tommasini**
- 11:50 — 12:30 *I metodi computazionali multi-scala applicati alla struttura dei nanomateriali: cosa sono e come ci possono aiutare?*  
**Giovanni Barcaro**
- 12:30 — 14:30 Pranzo
- 14:30 — 15:10 *Polaritonica in regimi non perturbativi: uno strumento efficace per la manipolazione di luce e materia*  
**Erika Cortese**
- 15:10 — 15:50 *Prospettive attuali e future della Fisica Astroparticellare*  
**Giorgio Arcadi**
- 15:50 — 16:00 Conclusioni

## LA CHIMICA PREBIOTICA NELLO SPAZIO: DOVE, COME, QUANDO

Nadia Balucani

*Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie — Università degli Studi di Perugia;  
Osservatorio Astronomico di Arcetri*

La vita si basa sulla chimica del carbonio in forma ridotta. Nonostante la Terra sia l'unico pianeta (noto al momento) che ospita la vita, l'abbondanza di carbonio sulla Terra è molto inferiore rispetto all'abbondanza di carbonio della nostra Galassia e la maggior parte di esso è intrappolata nelle rocce carbonatiche o in anidride carbonica, ovvero si trova principalmente nella forma ossidata. La fotosintesi clorofilliana è il principale meccanismo biologico in grado di convertire l'anidride carbonica in composti del carbonio ridotto, ma cosa ha determinato il budget di carbonio ridotto prima dell'insorgere della vita? Come ha avuto origine la vita in un ambiente ossidante e povero di carbonio come la Terra?

Una possibile risposta viene dall'osservazione che alcuni composti organici con un certo potenziale prebiotico sono abbondanti in molti piccoli corpi del Sistema Solare (asteroidi, comete, meteoriti e persino polvere interplanetaria). I composti prebiotici sono molecole semplici abbastanza da essere formate in ambienti privi di vita, ma aventi alcune caratteristiche delle molecole biologiche (per es. gli stessi gruppi funzionali) o la capacità di evolvere facilmente in esse. Questi composti, trasportati sulla Terra dalla caduta dei piccoli corpi, potrebbero aver innescato la vita in un contesto favorevole alla loro ulteriore evoluzione chimica. Resta da capire come questi composti organici si siano formati in ambienti con condizioni così estreme in termini di temperatura, pressione e presenza di particelle/fotoni energetici altamente distruttivi.

In questo seminario presenterò il punto di vista di un chimico, mostrandovi i risultati delle mie ricerche che spaziano dalla chimica del mezzo interstellare alla chimica delle atmosfere planetarie e di piccoli corpi come le comete.

---

*Nadia Balucani è professoressa ordinaria di Chimica Generale e Inorganica all'Università degli Studi di Perugia e associato INAF — Osservatorio Astronomico di Arcetri. Studia con metodi sperimentali e teorici la reattività chimica nella fase gassosa rarefatta e da anni si occupa di chimica dello spazio interstellare, delle atmosfere planetarie e delle comete.*

**APPLICAZIONI DELLA SPETTROSCOPIA VIBRAZIONALE  
ALLO STUDIO DI MATERIALI AVANZATI:  
LA SINERGIA TRA TEORIA ED ESPERIMENTI**

Matteo Tommasini

*Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "G. Natta"*

*Politecnico di Milano*

Misurando l'interazione tra la luce e la materia, la spettroscopia è una tecnica capace di rivelare i dettagli molecolari della struttura dei campioni. Nella maggior parte delle situazioni le tecniche spettroscopiche sono non invasive e non distruttive e possono essere applicate con successo in vari settori, dal campo industriale, alla ricerca di base. Grazie agli sviluppi recenti della strumentazione è possibile analizzare campioni disponibili anche in quantità microscopiche, con vantaggi molto significativi per l'analisi di prodotti di sintesi, spesso disponibili in quantità limitate. Le osservazioni spettroscopiche sono la manifestazione diretta delle transizioni quantistiche che avvengono nel campione stimolato dalla sorgente luminosa utilizzata nello strumento. Per questo motivo, l'interpretazione dei dati sperimentali è facilitata dalla disponibilità di metodi accurati che permettono il calcolo delle transizioni vibrazionali e la simulazione degli spettri. La possibilità di determinare accuratamente i modi normali di vibrazione consente di assegnare le transizioni vibrazionali osservate negli spettri a specifici gruppi funzionali, evitando il ricorso a correlazioni empiriche, non sempre disponibili, specie nel caso di nuovi materiali o specie molecolari di nuova sintesi. In questo modo gli spettri vibrazionali rappresentano delle vere e proprie impronte digitali delle molecole e permettono di provare l'avvenuta sintesi di composti nuovi, o di rivelare molecole di interesse analitico (es. farmaci) in campioni biologici [1].

In questo contributo verranno mostrati alcuni esempi rappresentativi di come la spettroscopia vibrazionale possa essere applicata allo studio di materiali avanzati, come molecole grafeniche [2], catene lineari di carbonio (poliini e cumuleni) [3,4], o materiali nanostrutturati di carbonio ottenuti da processi di combustione condotti in condizioni controllate [5]. In particolare, si cercherà di evidenziare come lo sviluppo di metodi di indagine teorici, sviluppati *ad hoc* per la spettroscopia, permettano lo sviluppo di relazioni tra spettri e proprietà dei materiali funzionali avanzati. In questo ambito rientrano due attività che verranno descritte in dettaglio: (i) lo sviluppo di protocolli basati sulla dinamica molecolare e i calcoli

TDDFT per la simulazione degli spettri di assorbimento UV-Vis di molecole funzionali con elettroni  $\pi$  in presenza di effetti di solvatazione [6]; dell'effetto di campi elettrici intensi, che illustra in modo efficace come i calcoli DFT possano indicare nuovi modi di utilizzare la spettroscopia vibrazionale per osservare il comportamento delle molecole sotto l'effetto di perturbazioni esterne [7].

- [1] Tommasini, Lucotti, Stefani, Trusso & Ossi, *Molecules* **28**, 4309 (2023).
- [2] Maghsoumi *et al*, *J. Raman Spec.* **52**, 2301-2316 (2021).
- [3] Sun *et al*, *Chemistry* **28**, e202200616 (2022).
- [4] Marabotti *et al*, *Nat. Commun.* **13**, 5052 (2022).
- [5] Commodo *et al*, *Fuel* **321**, 124006 (2022).
- [6] Picarelli, Moretti, Raffaini, Bertarelli & Tommasini, in preparazione.
- [7] Ponterio *et al*, *J. Phys. Chem. A* **124**, 10856–10869 (2020).

---

*Matteo Tommasini è professore associato di Scienza e Tecnologia dei Materiali presso il Politecnico di Milano. Si occupa dello studio e della caratterizzazione di materiali funzionali organici e materiali nanostrutturati unendo i metodi computazionali della chimica quantistica e le tecniche spettroscopiche infrarossa, Raman e UV-Vis.*

**I METODI COMPUTAZIONALI MULTI-SCALA  
APPLICATI ALLA STRUTTURA DEI NANOMATERIALI:  
COSA SONO E COME CI POSSONO AIUTARE?**

Giovanni Barcaro

*Istituto per i Processi Chimico-Fisici del CNR (CNR-IPCF), Area della Ricerca di Pisa*

Chi non ha sentito parlare di nanostrutture e nanotecnologie in riferimento alle frontiere della ricerca? Effettivamente le nanostrutture, ossia quei sistemi le cui proprietà sono determinate dalla struttura sulla scala del nanometro, sono un argomento di forte interesse scientifico, come attestato da tutti i programmi di ricerca a livello mondiale. Ottenere precise informazioni sulla struttura

atomistica di questi sistemi è però una vera sfida, ed anche i più avanzati metodi di sintesi e caratterizzazione sperimentali spesso richiedono l'aiuto del modeling computazionale, come strumento delucidativo e predittivo per la comprensione, l'ottimizzazione ed il design di materiali funzionali sempre più performanti nei più svariati ambiti tecnologici che spaziano dalla chimica alla fisica, dalle biotecnologie alla farmaceutica e alla medicina. Nell'incontro di oggi vi mostrerò quali sono alcuni dei metodi computazionali a nostra disposizione per addentrarci in questo "nano-universo" così affascinante, ponendo l'accento su cosa si intende per modeling multi-scala atomistico, e di come sfruttando approcci computazionali di tipo "top-down" o "bottom-up" si possano raccogliere informazioni chiave sulle modalità di crescita delle nanoparticelle, sulla loro struttura e su come quest'ultima si riverberi nelle proprietà di tali materiali. Per raggiungere questo scopo discuterò alcuni esempi presi dalla mia ricerca più recente, in particolare sullo studio della struttura e dell'ordinamento chimico in nanoparticelle metalliche (nanoleghe) [1], e sulle proprietà catalitiche manifestate da superfici e strutture 2D di natura minerale [2] o a base di carbonio [3].

[1] Fioravanti *et al*, Phys. Chem. Chem. Phys. **23**, 23075-23089 (2021).

[2] Barcaro *et al*, Phys. Chem. Chem. Phys. **21**, 5435-5447 (2019).

[3] Ren *et al*, J. Am. Chem. Soc. **145**, 16584-16596 (2023).

---

*Giovanni Barcaro ha conseguito la Laurea in Scienza dei Materiali nel 2003 e il Dottorato di Ricerca in Chimica nel 2007 presso l'Università di Pisa. Dal 2013 è ricercatore presso la sede di Pisa dell'IPCF. La sua attività di ricerca è incentrata sulla modellazione computazionale di sistemi su scala nanometrica, avendo svolto un ruolo fondamentale nello sviluppo di strumenti computazionali avanzati per la ricerca strutturale e la valutazione delle relazioni struttura/proprietà attraverso l'applicazione gerarchica di metodi multi-scala, che vanno dalla chimica quantistica (principalmente DFT) alle simulazioni con campi di forza classici e reattivi (ReaxFF).*

## POLARITONICA IN REGIMI NON PERTURBATIVI: UNO STRUMENTO EFFICACE PER LA MANIPOLAZIONE DI LUCE E MATERIA

Erika Cortese

*School of Physics and Astronomy — University of Southampton, UK*

L'elettrodinamica quantistica in cavità (CQED) e la polaritonica costituiscono un ramo affascinante della fisica che esplora la complessa dinamica tra luce e materia all'interno di cavità risonanti, dove i fotoni sono confinati in modo da massimizzare le interazioni con atomi o altre particelle. Questo campo di studio offre una prospettiva unica sui fenomeni quantistici e sulle loro potenziali applicazioni in tecnologie avanzate, come la quantum information, la quantum computation, e sensori di altissima precisione.

Gli impressionanti avanzamenti nel design e nella realizzazione di risonatori con un alto Q-factor hanno reso possibile un accoppiamento forte tra i fotoni delle cavità e le eccitazioni della materia in numerosi sistemi, principalmente a stato solido. Questo accoppiamento è così intenso da generare stati ibridi chiamati polaritoni, che fondono in modo equilibrato le proprietà della luce e della materia.

Negli ultimi anni, i tentativi di massimizzare questo accoppiamento hanno spinto oltre i limiti del modello tradizionale della CQED, evidenziando come l'interazione possa influenzare significativamente le funzioni d'onda e le proprietà elettroniche e ottiche degli oggetti quantistici coinvolti. La polaritonica standard, che di solito si limita a un singolo modo di interazione, deve essere rivista quando la forza di accoppiamento supera le altre scale energetiche del sistema, coinvolgendo più livelli energetici sia del sistema materiale sia del campo fotonico del risonatore. Questo dà luogo a nuovi interessanti fenomeni, come la formazione di stati ibridi con proprietà completamente nuove, che possono risultare cruciali per il design e il controllo delle prestazioni di nuovi dispositivi quantistici.

Durante questo seminario, verranno presentati diversi esempi concreti di come l'interazione luce-materia, oltre il regime perturbativo, possa rappresentare uno strumento potente per lo sviluppo di nuove tecnologie.

---

*Erika Cortese è ricercatrice postdoc presso l'Università di Southampton, specializzata in ottica quantistica e fisica dello stato solido. Ha conseguito il suo Ph.D. nella stessa università nel*

2020, dopo aver ottenuto la laurea triennale e la laurea magistrale in Fisica presso l'Università di Messina, nel 2013 e nel 2015 rispettivamente. Il fulcro della sua ricerca è lo studio degli effetti di accoppiamento luce-materia in regimi non-perturbativi, in grado non solo di manipolare i gradi di libertà e le proprietà elettroniche di sistemi otticamente attivi, ma anche di generare in modo deterministico nuove proprietà ottiche in sistemi fotonici avanzati. Recentemente, ha esteso il suo interesse scientifico nell'applicazione di fenomeni e concetti della CQED a stato solido al campo delle alte energie, focalizzandosi su oggetti di natura più fondamentale, come il positronio.

## PROSPETTIVE ATTUALI E FUTURE DELLA FISICA ASTROPARTICELLARE

Giorgio Arcadi

*Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e  
Scienze della Terra — Università degli Studi di Messina*

Per poter comprendere le leggi fondamentali che governano l'Universo è necessario affrontare diverse sfide, come l'origine e la natura delle componenti di Materia Oscura ed Energia Oscura dell'Universo e l'origine dell'asimmetria materia-antimateria. Presenterò una panoramica delle attuali e future ricerche sperimentali e del loro impatto sui modelli teorici.

---

*Giorgio Arcadi ha conseguito la laurea triennale in Fisica presso l'Università dell'Aquila e la laurea magistrale presso la Sapienza. Ha conseguito il dottorato nel 2012 presso la SISSA. Ha svolto periodi di postdottorato presso l'Università di Goettingen (2012-2014), il Laboratoire de Physique Theorique Orsay (2014-2016), il Max Planck Institute for Nuclear Physics Heidelberg (2016-2019). Dal 2019 al 2021 ha lavorato come RTDA presso l'Università di Roma Tre. Da Settembre 2021 è in servizio come RTDB presso l'Università di Messina. La sua attività di ricerca verte sui modelli di fisica particellare di Materia Oscura e, sotto una prospettiva più ampia, di fisica oltre il Modello Standard. Un'attività di ricerca secondaria verte su meccanismi di bariogenesi (origine della simmetria materia-antimateria).*