

# Paolo Piergentili

---

## Informazioni personali



Nazionalità

Data di nascita

Sesso

OrcID

## Esperienze lavorative

### Giu. 2021 – oggi **Assegnista di ricerca**

*INFN – Sezione di Perugia*

*Università di Camerino, Camerino (Italia)*

Gruppo di Ottica Quantistica, Optomeccanica e Criogenia – Professor Giovanni Di Giuseppe e Professor David Vitali

- Simulazioni di chip fotonici con il software Ansys Lumerical.
- Realizzazione e caratterizzazione di sistemi optomeccanici a temperatura ambiente e criogenica.
- Progettazione e realizzazione di schede elettroniche analogiche e digitali per applicazioni criogeniche e a temperatura ambiente.

### Giu. 2017 – Lug. 2021 **Assegnista di ricerca**

*Università di Camerino, Camerino (Italia)*

Gruppo di Ottica Quantistica, Optomeccanica e Criogenia – Professor Giovanni Di Giuseppe e Professor David Vitali

- Realizzazione e caratterizzazione di sistemi optomeccanici a temperatura ambiente e criogenica.
- Progettazione e realizzazione di schede elettroniche analogiche e digitali per applicazioni criogeniche e a temperatura ambiente.

### Feb. 2020 – Mar. 2020 **Visiting Researcher – Progetto europeo OMT**

*Università di Aalto, Helsinki (Finlandia)*

Gruppo di Fisica delle basse temperature – Professor Pertti Hakonen

- Realizzazione di un amplificatore criogenico, funzionante nel regime dei MHz per applicazione NMR a bassa potenza dissipata e alta impedenza di ingresso.

### Gen. 2019 – Feb. 2019 **Visiting Researcher – Progetto europeo OMT**

*Friedrich–Alexander–Universität, Erlangen–Nürnberg (Germania)*

Gruppo MPL–divisione teorica – Professor Florian Marquardt

- Realizzazione di simulazioni teoriche riguardanti la sincronizzazione di due oscillatori in un sistema optomeccanico multimodo.

**Mag. 2014 – Giu. 2017 Ricercatore EU**

*Albert Einstein Institute, Leibniz Universität, Hannover (Germania)*

*Institut für Laser-Physik, Hamburg Universität, Amburgo (Germania)*

Gruppo di Ottica Quantistica non lineare – Professor Roman Schnabel

- Realizzazione e caratterizzazione di sistemi optomeccanici a temperatura ambiente.
- Progettazione e realizzazione di schede elettroniche analogiche per esperimenti di ottica.
- Caratterizzazione e stabilizzazione dei rumori del laser.

**Set. 2012 – Gen. 2013 Tutor – Ufficio Internazionalizzazione**

*ASSINT, Università di Camerino, Camerino (Italia)*

- Supporto all'ufficio Erasmus e internazionalizzazione.
- Supporto agli studenti Erasmus in UNICAM.
- Revisione e catalogazione di documenti.

---

## Educazione e formazione

**Mag. 2021 Dottorato in Fisica Teorica e Sperimentale**

*Università di Camerino, Camerino (Italia)*

Giudizio: Eccellente

Titolo della tesi: Two-membrane cavity optomechanics

Tutor: Prof. Giovanni Di Giuseppe

**Apr. 2014 Laurea Magistrale in Fisica**

*Università di Camerino, Camerino (Italia)*

Voto: 110/110 e lode

Titolo della tesi: Optical cooling of a mechanical micro-oscillator revealed by homodyne detection

Relatore: Prof. Giovanni Di Giuseppe

**Dic. 2011 Laurea Triennale in Fisica**

*Università di Camerino, Camerino (Italia)*

Voto: 110/110 e lode

Titolo della tesi: Bistabilità in cavità ottiche

Relatore: Prof. Giovanni Di Giuseppe

**Lug. 2007 Diploma di Scuola Superiore Liceo Scientifico**

*Istituto di Istruzione Superiore G. C. Da Varano, Camerino (Italia)*

Voto: 100/100 e lode

---

## Borse di studio

**Lug. 2017 – Giu. 2020 Borsa di studio europea Marie Skłodowska-Curie ITN**

*OMT – Optomechanical Technologies*

Programma H2020 di ricerca e innovazione dell'Unione Europea  
H2020 – Marie Skłodowska-Curie – accordo di sovvenzione No. 722923.

Mag. 2014 – Mag. 2016 **Borsa di studio europea Marie Skłodowska–Curie ITN**  
*cQOM – Cavity Quantum Optomechanics*  
Programma FP7 per la ricerca, lo sviluppo tecnologico e dimostrazione dell’Unione Europea – Marie Skłodowska–Curie – accordo di sovvenzione No. 290161.

---

## Campi di interesse

Interazioni luce–materia, ottica quantistica, optomeccanica, elettromeccanica, elettro–optomeccanica, interferometria, metrologia, sensoristica, computazione quantistica, informazione quantistica, elettronica a basse temperature.

---

## Competenze

Stabilizzazione del rumore in ampiezza e in fase del laser, raffreddamento e riscaldamento ottico di oscillatori meccanici macroscopici, sistemi non lineari, sincronizzazione di oscillatori meccanici, stabilizzazione di cavità ottiche ad alta finesse, sistemi elettromeccanici e optomeccanici, sistemi quantistici ibridi, interferometria ottica, sistemi ad alto vuoto, criogenia, elettronica analogica e digitale.

---

## Attività di ricerca

Il mio primo approccio alla fisica sperimentale è avvenuto nel laboratorio del gruppo di Ottica Quantistica, Criogenia e Optomeccanica del Prof. Giovanni Di Giuseppe e del Prof. David Vitali presso il Dipartimento di Fisica dell’Università di Camerino durante la mia tesi di laurea triennale in Fisica. Ho avuto la possibilità di apprendere e avere un primo contatto con un apparato sperimentale, studiando la bistabilità in cavità ottiche. Il setup sperimentale era costituito da una cavità ottica in mezzo alla quale era posto come oscillatore meccanico una membrana di nitruro di silicio. Piacevolmente colpito da questa esperienza, ho deciso di approfondire l’argomento dell’Ottica Quantistica, e in particolare dell’Optomeccanica, anche durante la mia tesi di laurea magistrale in Fisica. Con lo stesso apparato sperimentale utilizzato nel lavoro di tesi triennale, ho studiato teoricamente e sperimentalmente il raffreddamento ottico del modo fondamentale di un oscillatore meccanico. Dopo essermi laureato, sono risultato vincitore di una borsa di studio europea Marie Skłodowska–Curie e ho lavorato nel gruppo di Ottica Quantistica non lineare del Prof. Roman Schnabel prima ad Hannover e poi ad Amburgo (Germania). Presso il gruppo di ricerca del Prof. Schnabel mi sono interessato sempre di più all’Ottica Quantistica e per la prima volta ho toccato con mano la tecnica dello squeezing che permette di raggiungere un livello di sensibilità nella misura al di sotto dello shot noise. Nel 2017 sono risultato vincitore di un’altra borsa di studio Marie Skłodowska–Curie che mi ha permesso di frequentare il dottorato di ricerca in Fisica teorica e sperimentale presso il gruppo di Ottica Quantistica, Criogenia e Optomeccanica del Prof. Giovanni Di Giuseppe e del Prof. David Vitali, presso l’Università di Camerino. Durante il periodo di dottorato ho studiato un sistema optomeccanico dove due oscillatori meccanici sono posti in mezzo ad una cavità ottica. Ho svolto le prime simulazioni sulla sincronizzazione tra gli oscillatori durante un periodo all’estero nel gruppo MPL– divisione teorica del Prof. Florian Marquardt presso la Friedrich–Alexander–Universität di Erlangen–Nürnberg (Germania). Durante il periodo di dottorato all’Università di Camerino ho avuto anche l’opportunità di interessarmi e contribuire a due progetti INFN,

HUMOR e THEEOM, grazie ai quali mi sono affacciato nel mondo della criogenia e dell'elettronica a basse temperature utilizzando un refrigeratore a diluizione della Leiden Cryogenics che può raggiungere la temperatura minima di 10 mK. I primi passi nella realizzazione degli amplificatori criogenici li ho fatti durante un periodo all'estero nel gruppo di Fisica delle basse temperature del Prof. Pertti Hakonen presso l'Università di Aalto (Finlandia). Dopo aver conseguito il titolo di dottore di ricerca in Fisica teorica e sperimentale, ho continuato a lavorare nel gruppo di ricerca del Prof. Giovanni Di Giuseppe e del Prof. David Vitali e, grazie ad un assegno di ricerca finanziato dalla Sezione INFN di Perugia, ho avuto modo di avvicinarmi anche al campo della computazione quantistica attraverso il progetto QUANTEP. Le principali linee di ricerca da me svolte nel corso degli anni hanno riguardato:

- la stabilizzazione del rumore del laser per esperimenti di optomeccanica
- optomeccanica ed elettro-optomeccanica a temperatura ambiente e criogenica
- quantum computation e fotonica integrata per la realizzazione di una porta Controlled-NOT probabilistica

### Stabilizzazione del rumore del laser per esperimenti di optomeccanica

Nel 2014, grazie ad una borsa di studio europea, mi sono recato presso il gruppo di Ottica Quantistica non lineare del Prof. Roman Schnabel. Il progetto di cui mi occupavo consisteva nel realizzare un sistema optomeccanico (una membrana di nitruro di silicio in mezzo ad una cavità ottica ad alta finesse) e nel raggiungere la sensibilità dello Standard Quantum Limit (SQL). Nel sistema optomeccanico considerato ci sono due tipi di rumori quantistici: lo shot noise, che è il rumore di imprecisione della misura, e il rumore della radiazione di pressione della luce sull'oscillatore meccanico. Lo SQL è la condizione per cui i due rumori si uguagliano e si raggiunge la massima sensibilità di misura. Per raggiungere questa sensibilità, tutti i rumori classici presenti (vibrazioni, rumore termico, rumore di ampiezza e fase del laser) devono essere soppressi ad un livello minore del rumore quantistico del sistema [1]. Per questo motivo, l'esperimento aveva bisogno di stabilizzare allo shot noise il rumore in ampiezza e in fase di un laser in fibra NKT Photonics con lunghezza d'onda 1550 nm. Infatti, i laser disponibili in commercio solitamente non sono limitati dallo shot noise a frequenze minori di 3 MHz e a potenze maggiori di 200  $\mu$ W, ma in molti esperimenti di optomeccanica dove, per esempio, si vuole misurare il movimento di un oscillatore meccanico alla sensibilità dello Standard Quantum Limit (SQL) è cruciale che il fascio di probe sia limitato allo shot noise. Per poter caratterizzare il noise del laser ho realizzato un apparato in grado di misurare il rumore di ampiezza e di fase del laser in un range che va da 50 kHz a 5 MHz. Il sistema è stato realizzato completamente in fibra. Il rumore in ampiezza del laser è stato valutato dividendo il fascio di ingresso con un beamsplitter 50:50 e misurando la luce trasmessa e riflessa dal beamsplitter con due fotodiodi. Il segnale dai fotodiodi viene poi sommato per misurare il noise totale e sottratto per misurare il livello dello shot noise. La differenza tra questi due segnali corrisponde al rumore in ampiezza del laser. Per analizzare il rumore in fase del laser, ho utilizzato un interferometro di Mach Zehnder con uno sbilanciamento tra i bracci di 50 m, sufficiente per misurare il rumore di fase alle frequenze di interesse. A questo punto, ho disegnato e realizzato le schede elettroniche per poter fare un feedback e ridurre il rumore classico del laser. Per ridurre il rumore in ampiezza, ho utilizzato un Modulatore in Ampiezza Elettro-Ottico (EOAM). In questo modo, è stata ottenuta una riduzione del rumore di 6 dB raggiungendo il livello di

shot noise per una potenza di 10 mW. Successivamente, mi sono dedicato alla riduzione del rumore in fase del laser. Il segnale di errore, ottenuto da una cavità triangolare agganciata in risonanza, è stato inviato ad un modulatore elettro-ottico (EOM). Ho ottenuto una soppressione del rumore di fase pari a  $\sim 12.7$  dB alla frequenza di 300 kHz con una banda di circa 100 kHz [2].

### Optomeccanica ed elettro-optomeccanica a temperatura ambiente e criogenica

Nel 2017 risultando vincitore di un'altra borsa di studio europea, ho potuto frequentare il corso di dottorato di ricerca in Fisica teorica e sperimentale presso il gruppo di Ottica Quantistica, Optomeccanica e Criogenia dell'Università di Camerino. Ho studiato un sistema optomeccanico dove due oscillatori di  $\text{Si}_3\text{N}_4$  sono posti in mezzo ad una cavità ottica. Questo tipo di sistema permette di aumentare l'accoppiamento optomeccanico rispetto al sistema con il singolo oscillatore nel mezzo, quando si ha interferenza costruttiva nella cavità costituita dalle due membrane. Il miglioramento dell'accoppiamento optomeccanico dipende strettamente dalla riflettività delle membrane quando questa è minore di 1. Nel caso in cui la riflettività delle membrane sia  $\sim 1$ , l'accoppiamento dipende esclusivamente dal free-spectral-range (FSR) della cavità formata dalle due membrane. Nel mio caso ho utilizzato delle membrane con riflettività 0.4 che permette un miglioramento massimo teorico dell'accoppiamento optomeccanico pari ad un fattore  $\sim 2.7$  rispetto all'accoppiamento che si ottiene con la singola membrana. Per verificare questo risultato teorico, ho realizzato una cavità di due membrane con lunghezza  $24 \mu\text{m}$  e l'ho inserita all'interno di una cavità ottica ad alta finesse lunga 90 mm misurando un miglioramento dell'accoppiamento optomeccanico a singolo fotone di un fattore  $\sim 2.47$  rispetto al sistema optomeccanico con una sola membrana nel mezzo della cavità ottica. Inoltre il setup sperimentale è stato disegnato in modo tale da poter controllare l'accoppiamento optomeccanico e permettere di accoppiare la luce con entrambi gli oscillatori, o con uno solo dei due. Ho anche osservato il raffreddamento ottico contemporaneo dei due oscillatori meccanici utilizzando un fascio di pompa detunato nel rosso [3-7]. Dopo aver studiato il regime lineare di questo sistema optomeccanico, sono passato a studiare la dinamica non lineare detunando il fascio di pompa nel blu. In questo caso, uno dei due oscillatori entra in un ciclo limite. Ho caratterizzato teoricamente e sperimentalmente il regime non lineare di questo sistema rendendo possibile la misura dello spostamento dell'oscillatore meccanico in una condizione che va oltre il regime lineare usato per la sensoristica e limitato dalla larghezza di banda della cavità ottica. Inoltre, in questo tipo di regime, è stato possibile osservare l'inizio della sincronizzazione tra i due oscillatori mediata dall'interazione con la luce risonante in cavità [8,10,17]. Lo studio della non linearità di questo sistema optomeccanico mi ha permesso di determinare una nuova tecnica per la stima dell'accoppiamento optomeccanico a singolo fotone che consiste nel misurare il tempo impiegato dall'oscillatore meccanico per passare dallo stato termico al ciclo limite, fissata la potenza del fascio di pompa. Questa nuova tecnica è molto più conveniente delle tecniche utilizzate in passato perché non ha bisogno di calibrare l'apparato sperimentale, e di conoscere la temperatura dell'oscillatore meccanico. Inoltre è utilizzabile in ogni apparato sperimentale dove è presente una biforcazione di Hopf [13-15].

Durante la mia permanenza all'Università di Camerino sono stato coinvolto anche nel progetto INFN HUMOR che ha lo scopo di misurare effetti di gravitazione quantistica su oscillatori meccanici macroscopici [9]. Infatti ci sono sempre più modelli fenomenologici che hanno co-

me obiettivo quello di unire la gravità con la meccanica quantistica e che predicono effetti misurabili in esperimenti a basse energie. Lo scopo di HUMOR è quindi misurare delle modificazioni del commutatore posizione–momento dell’oscillatore meccanico dovuto ad effetti di gravità quantistica. Per poter raggiungere l’obiettivo verranno utilizzati degli oscillatori meccanici con fattore di qualità dell’ordine del milione [16]. Nel laboratorio di Camerino, ho inserito questi oscillatori all’interno di una cavità ottica ad alta finesse; il sistema optomeccanico verrà poi posizionato all’interno di un criostato a diluizione della Leiden Cryogenics per poter ridurre la decoerenza dell’oscillatore e preparare l’oscillatore in uno stato puro. La membrana sarà poi eccitata e preparata in uno stato coerente, e in seguito misurata da un fascio di probe mentre si rilassa dopo aver spento il segnale di modulazione.

Sto contribuendo anche al progetto INFN THEEOM, il quale ha come scopo lo sviluppo di un trasduttore elettro–optomeccanico in grado di convertire un segnale dal regime ottico a quello delle radiofrequenze, e viceversa. Inizialmente il trasduttore dovrà funzionare con segnali classici e successivamente con segnali quantistici. Per poter realizzare un trasduttore elettro–optomeccanico quantistico è necessario lavorare alle temperature delle decine di mK [11, 12]. In particolare sto contribuendo alla realizzazione e alla caratterizzazione di un amplificatore in grado di lavorare alla temperatura di 700 mK, il quale ha una banda di  $\sim 2$  MHz con un guadagno di  $\sim 10$  dB.

### Quantum computation e fotonica integrata

Nell’ultimo decennio la possibilità di poter manipolare sistemi fisici ad un livello quantistico ha dato la possibilità di investigare sperimentalmente fenomeni quantistici. Una delle aree della fisica in cui si è avuto un grande sviluppo da questo punto di vista è la computazione quantistica. Il progetto QUANTEP ha lo scopo di sviluppare e implementare un circuito fotonico integrato in silicio utilizzando solo ottica lineare per manipolare i singoli fotoni. Il prototipo più semplice per questo tipo di circuiti è il Controlled–NOT (CNOT) a due qubit. Knill, Laflamme e Milburn hanno dimostrato la possibilità di realizzare una porta CNOT probabilistica utilizzando solo ottica lineare. Le potenziali sorgenti di errore per questo tipo di porta CNOT sono una divisione tra i due fasci non precisa e un mode matching non perfetto tra il chip fotonico e la fibra. Per questo motivo il mio primo compito è stato quello di disegnare, simulare e ottimizzare strutture fotoniche per la computazione quantistica con ottica lineare. La struttura base del CNOT probabilistico è il directional coupler, il quale deve avere degli splitting ratio specifici ( $1/2 - 1/2$  e  $1/3 - 2/3$ ) per poter avere un CNOT probabilistico perfetto. Ho disegnato, simulato e ottimizzato con il software Ansys Lumerical i directional coupler aventi 3 distanze di accoppiamento (250 nm, 300 nm e 400 nm). Una distanza di accoppiamento minore permette di avere un chip più compatto ma più soggetto ad eventuali errori di fabbricazione; viceversa una distanza di accoppiamento maggiore renderebbe il chip più robusto nei confronti di eventuali errori di fabbricazione ma più grande e difficile da integrare in un solo chip fotonico. La seconda fonte di errore per questo tipo di applicazioni a singolo fotone è l’accoppiamento tra la luce in fibra e il chip fotonico. Per questo motivo ho disegnato, simulato e ottimizzato degli spot–size converter in grado di accoppiare la luce in modo più efficiente dalla fibra al chip fotonico e viceversa. La prima versione del chip fotonico contenente i directional coupler, gli spot size converter e un primo prototipo di porta CNOT probabilistica è stata fabbricata dalla fonderia e al momento è in fase di test presso il gruppo INFN di Roma Tor Vergata.

---

## Pubblicazioni

- [1] **P. Piergentili**, R. Moghadas–Nia, M. Korobko, S. Kocsis, R. Schnabel, “*Quantum–noise–limited continuous measurement in cavity optomechanics*”, Optics InfoBase Conference Papers Part F73–QIM (2017)
- [2] **P. Piergentili**, “*Full laser noise characterization and stabilization at 1550 nm*”, Optics InfoBase Conference Papers Part F73–QIM (2017)
- [3] **P. Piergentili**, L. Catalini, M. Bawaj, S. Zippilli, N. Malossi, R. Natali, D. Vitali, G. Di Giuseppe, “*Two–membrane cavity optomechanics*”, New J. Phys. **20**, 083024 (2018)
- [4] **P. Piergentili**, L. Catalini, M. Bawaj, S. Zippilli, N. Malossi, R. Natali, D. Vitali, G. Di Giuseppe, “*Two–membrane cavity optomechanics*”, Optics InfoBase Conference Papers Part F165–QIM (2019)
- [5] **P. Piergentili**, L. Catalini, M. Bawaj, S. Zippilli, N. Malossi, R. Natali, D. Vitali, G. Di Giuseppe, “*Multimode cavity optomechanics*”, Proceedings 2019 **12(1)**, 54 (2019)
- [6] **P. Piergentili**, L. Catalini, M. Bawaj, S. Zippilli, N. Malossi, R. Natali, D. Vitali, G. Di Giuseppe, “*Sandwich in the middle: enhancing the optomechanical coupling*”, Optics InfoBase Conference Papers Part F143–EQEC (2019)
- [7] **P. Piergentili**, L. Catalini, M. Bawaj, S. Zippilli, N. Malossi, R. Natali, D. Vitali, G. Di Giuseppe, “*Sandwich in the middle: enhancing the optomechanical coupling*”, 2019 Conference on Lasers and Electro–Optics Europe and European Quantum Electronics Conference, CLEO/Europe–EQEC (2019)
- [8] W. Li, **P. Piergentili**, J. Li, S. Zippilli, R. Natali, N. Malossi, G. Di Giuseppe, D. Vitali, “*Noise robustness of synchronization of two nanomechanical resonators coupled to the same cavity field*”, Phys. Rev. A **101**, 013802 (2020)
- [9] M. Bonaldi, A. Borrielli, A. Chowdhury, G. Di Giuseppe, W. Li, N. Malossi, F. Marino, B. Morana, R. Natali, **P. Piergentili**, G. A. Prodi, P. M. Sarro, E. Serra, P. Vezio, D. Vitali, F. Marin, “*Probing quantum gravity effects with quantum mechanical oscillators*”, Eur. Phys. J. D **74(9)**, 178 (2020)
- [10] **P. Piergentili**, W. Li, R. Natali, N. Malossi, D. Vitali, G. Di Giuseppe, “*Two–membrane cavity optomechanics: nonlinear dynamics*”, New J. Phys. **23**, 073013 (2021)
- [11] N. Malossi, **P. Piergentili**, J. Li, E. Serra, R. Natali, G. Di Giuseppe, D. Vitali, “*Sympathetic cooling of a radio–frequency LC circuit to its ground state in an optoelectromechanical system*”, Phys. Rev. A **103**, 033516 (2021)
- [12] N. Malossi, **P. Piergentili**, J. Li, E. Serra, R. Natali, G. Di Giuseppe, D. Vitali, “*Ground state cooling of a radio–frequency LC circuit in an optoelectromechanical system*”, APS March Meeting Abstracts (2021)

- [13] **P. Piergentili**, W. Li, R. Natali, N. Malossi, D. Vitali, G. Di Giuseppe, “*Two-membrane cavity optomechanics: non-linear dynamics and measurement of the optomechanical coupling*”, Optics InfoBase Conference Papers (2021)
- [14] **P. Piergentili**, W. Li, R. Natali, N. Malossi, D. Vitali, G. Di Giuseppe, “*Two-membrane cavity optomechanics: non-linear dynamics and measurement of the optomechanical coupling*”, 2021 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe and European Quantum Electronics Conference, CLEO/Europe-EQEC (2021)
- [15] **P. Piergentili**, W. Li, R. Natali, D. Vitali, G. Di Giuseppe, “*Absolute determination of the single-photon optomechanical coupling rate via a Hopf bifurcation*”, Phys. Rev. Applied **15**, 034012 (2021)
- [16] E. Serra, A. Borrielli, F. Marin, F. Marino, N. Malossi, B. Morana, **P. Piergentili**, G. A. Prodi, P. M. Sarro, P. Vezio, D. Vitali, M. Bonaldi, “*Silicon-nitride nanosensors toward room temperature quantum optomechanics*”, J. Appl. Phys. **130**, 064503 (2021)
- [17] **P. Piergentili**, R. Natali, D. Vitali, G. Di Giuseppe, “*Two-membrane cavity optomechanics: linear and non-linear dynamics*”, Photonics **9**, 99 (2022)
- [18] P. Livreri, E. Enrico, L. Fasolo, G. Di Giuseppe, N. Malossi, **P. Piergentili**, D. Vitali, “*Microwave quantum radar based on a Josephson traveling wave parametric amplifier and a phase-conjugate receiver*”, submitted to IEEE Trans. Microw. Theory Techn.

---

## Presentazioni a congressi

### Comunicazioni orali su invito

- *Young Italian Quantum Information Science Conference*, online, 28 Set.–2 Ott. 2020.  
“Two-membrane cavity optomechanics”
- *SIF 2021 – 107<sup>th</sup> National Congress*, online, 13–17 Set. 2021.  
“Two-membrane cavity optomechanics: linear and non-linear dynamics”
- *2<sup>nd</sup> PBC technology mini workshop: lasers & optics* organizzato dal CERN, online, 10 Dic. 2021.  
“Laboratory experience with cryogenic optics”
- *IQIS2022*, Palermo (Italia), 12–16 Set. 2022.  
“Two-membrane cavity optomechanics and Quantum Technologies”
- *3<sup>rd</sup> International conference on Optics, Photonics and Lasers 2022*, online, 9–11 Nov. 2022.  
“Linear and nonlinear dynamics in a two-membrane optomechanical system”

### Comunicazioni orali

- *Quantum Information and Measurement (QIM) - IV: Quantum Technologies*, Parigi (Francia), 5–7 Apr. 2017.  
“Quantum-noise-limited continuous measurement in cavity optomechanics”



- *OMT-HOT 2019 Annual Meeting*, Gstaad–Saanen (Svizzera), 20–24 Gen. 2019.  
“Two–membrane cavity optomechanics”
- *CLEO Europe 2019*, Munich (Germania), 23–27 Giu. 2019.  
“Sandwich in the middle enhancing the optomechanical coupling”
- *QuaSeRT 2021 Annual Meeting*, online, 28–29 Gen. 2021.  
“Two–membrane cavity optomechanics: linear and non-linear dynamics”
- *APS March meeting 2021*, online, 15–19 Mar. 2021.  
“Two–membrane cavity optomechanics”
- *CLEO Europe 2021*, online, 21–25 Giu. 2021.  
“Two–membrane cavity optomechanics”

#### Poster

- *Quantum Information and Measurement (QIM) - IV: Quantum Technologies*, Parigi (Francia), 5–7 Apr. 2017.  
“Full laser noise characterization and stabilization at 1550 nm”
- *OMT-HOT 2018 Annual Meeting*, Gstaad–Saanen (Svizzera), 14–18 Gen. 2018.  
“Two–membrane cavity optomechanics”
- *Quantum Information and Measurement (QIM) - V: Quantum Technologies*, Roma (Italia), 4–6 Apr. 2019.  
“Two–membrane cavity optomechanics”
- *Hybrid Optomechanical Technologies 2019*, Monte Verità (Svizzera), 7–11 Lug. 2019.  
“Two–membrane cavity optomechanics”
- *OMT-HOT 2020 Annual Meeting*, Gstaad–Saanen (Svizzera), 19–23 Gen. 2020.  
“Two–membrane optomechanics and synchronization”

#### Premi

- Miglior poster della divisione di Fisica al 6° Scientific Day organizzato dalla Scuola di Scienze e Tecnologie dell’Università di Camerino

---

## Esperienze didattiche

- Mag. 2016 – Giu. 2017 Assistente di laboratorio per il corso di “Interferometric sensing of picoscale mechanical motion in an optomechanical setup” presso Hamburg Universität (Germania)
- 29 Ago. 2022 Summer School “*Advanced Photonics and Electronics for Quantum and Space Applications*”, Università di Tor Vergata (Italia)  
**Lezione su invito:** “Linear optics quantum computing, the CNOT gate”
- Anno Accademico 2021/2022 Assegnazione dell’insegnamento “*Laboratorio di elettronica analogica*” (3 CFU) del corso di laurea in Fisica (classe L-30) presso l’Università di Camerino (Italia) in qualità di Professore a contratto

---

## Supervisione di studenti

Durante il corso degli anni ho avuto modo di seguire decine di studenti in laboratorio. Di seguito sono riportate le tesi di laurea in cui figuro in qualità di correlatore:

- C. Wolff, “*Messplatz zur Messung von Leistungs- und Frequenzrauschen von Laserlicht*”, Tesi Triennale (2017)
- L. Catalini, “*Two-membranes cavity optomechanics*”, Tesi Magistrale (2017)
- B. A. McNaughton, “*Phase and amplitude noise measurement of light for optomechanics*”, Tesi Magistrale (2018)
- F. Marzioni, “*Raffreddamento di oscillatori meccanici mediante retroazione attiva realizzata con filtri digitali*”, Tesi Triennale (2018)
- B. Novelli, “*Sviluppo di circuiti elettronici criogenici per un sistema di trasduzione elettro-opto-meccanico.*”, Tesi Triennale (2020)
- A. Della Valle, “*Engineering the noise of a cavity field by means of a digital feedback*”, Tesi Magistrale (2020)
- G. Novelli, “*Sviluppo di circuiti elettronici criogenici per un sistema di trasduzione elettro-opto-meccanico*”, Tesi Triennale (2021)
- F. Marzioni, “*Towards an optomechanical heat engine*”, Tesi Magistrale (2022)
- R. Giustozzi, “*Fast Fourier Transform per l’analisi di rumore in un sistema optomeccanico*”, Tesi Triennale (2022)
- F. Marzioni, “*Design of waveguide-based devices for quantum technologies*”, Tesi Scuola di Studi Superiori Carlo Urbani (2022)

---

## Divulgazione scientifica

Ho partecipato a vari eventi di Porte Aperte in UNICAM. Di seguito sono elencate le partecipazioni ad eventi di divulgazione scientifica con bambini e adulti:

- 6<sup>th</sup> *Scientific Day*, Camerino (Italia), 28 Set. 2018
- *Fosforo 2019*, Senigallia (Italia), 10–12 Mag. 2019
- *Fosforo 2022*, Senigallia (Italia), 16–19 Giu. 2022

---

## Partecipazioni a workshop

- *Levitation in (Quantum) Physics*, Vienna (Austria), 14–15 Mag. 2015
- 636. *WE - Heraeus - Seminar quantum-limited metrology and sensing*, Bad Honnef (Germania), 5–9 Feb. 2017
- *Finite element and modelling (Comsol and Lumerical)*, Lausanne (Svizzera), 16–19 Ott. 2017
- *Taking an idea to a product at IBM – Case study: intellectual property and how to write a patent application*, Zurich (Svizzera), 4–6 Dic. 2017
- *Art of presenting science*, Delft (Olanda), 16–20 Apr. 2018

- *Introduction to MEMS sensors and technology, design and consumer applications*, Stuttgart (Germania), 10–12 Apr. 2019
- *Science communication*, Ghent (Belgio), 27–31 Ott. 2019

---

## Partecipazioni a scuole

- *Quantum measurements and theoretical cavity optomechanics*, Erlangen (Germany), 5–7 Lug. 2017
- *School on electronics for sensing of mechanical motion*, Vienna (Austria), 26–29 Giu. 2018
- *Cryocourse 2018*, Helsinki (Finlandia), 21–26 Set. 2018

---

## Competenze linguistiche

Italiano	madrelingua
Inglese	● ● ● ● ● Certificato FCE
Spagnolo	● ● ● ● ●
Tedesco	● ● ● ● ●

---

## Competenze informatiche

- Ottima padronanza di **Labview**, **Python** (numpy, scipy, matplotlib, lmfit, pandas e librerie usate per il controllo di strumenti di laboratorio), **Matlab** e **Mathematica**
- Buona padronanza di **Comsol** e **Lumerical** (pacchetti FDTD e MODE)
- Ottima padronanza di **Arduino** e **Processing**
- Ottima padronanza di **Autodesk Eagle**, **LTSpice** e **QUCS**
- Buona padronanza di **Autodesk Inventor** e **Ultimate Cura** per stampa in 3D
- Ottima padronanza di **Latex**
- Ottima padronanza di **Microsoft Office**<sup>TM</sup> certificata dalla patente europea ECDL
- Buona padronanza di **Adobe Illustrator**, **Adobe Lightroom** e **Adobe Photoshop**

Autorizzo il trattamento dei miei dati personali presenti nel curriculum vitae ai sensi del Decreto Legislativo 30 giugno 2003, n. 196 e del GDPR (Regolamento UE 2016/679).

Camerino, 14 gennaio 2023