



APPUNTI DI FISICA TEORICA 10

14 Maggio 2019 ore 9:30
Sala Conferenze del CNR-IPCF, Messina

Maria Luisa Chiofalo

Dip. di Fisica, Università di Pisa & INFN

Giuliana Currò

STMicroelectronics, Rousset

Francesco Pellegrino

Dip. di Fisica e Astronomia, Università di Catania

Alessandro Pluchino

Dip. di Fisica e Astronomia, Università di Catania

Salvatore Savasta

Dip. MIFT, Università di Messina

Vincenzo Savona

Institute of Physics, EPFL, Losanna

In collaborazione con:



Progetto ed elaborazione grafica della copertina a cura di Antonella Iatì.

Immagine di sfondo: *Paesaggio con giardino italiano*, G. Klimt (1913);

PRESENTAZIONE

Appunti di Fisica — in collaborazione con i gruppi Young Minds dell’European Physical Society e OSA (Optical Society of America) Chapter di Messina e col Dottorato di Ricerca in Fisica dell’Università di Messina — rinnova anche per quest’anno l’invito alla comunità dei fisici messinesi a partecipare ad “Appunti di Fisica Teorica”, che giunge quest’anno alla sua decima edizione e che si svolgerà Martedì 14 Maggio, a partire dalle 9:30 presso le accoglienti strutture del CNR-IPCF di Messina.

Dopo i saluti istituzionali, l’apertura dei lavori scientifici sarà affidata a Vincenzo Savona, dell’École Polytechnique Fédérale di Losanna, che parlerà dei metodi che il suo gruppo di ricerca ha sviluppato per l’ottimizzazione di strutture a cristallo fotonico; metodi ibridi che si basano sia su approcci di carattere euristico, sia su procedure di ottimizzazione globale automatizzata, quali algoritmi genetici e algoritmi basati su tecniche di machine learning. A seguire Marilù Chiofalo, del Dipartimento di Fisica “Enrico Fermi” dell’Università di Pisa, che illustrerà come, in linea di principio, più di quaranta ordini di grandezza in lunghezza, dai quark alle dimensioni stimate dell’Universo, possano essere esplorati in esperimenti realizzati su tavoli ottici di pochi metri quadrati. Sarà poi la volta di Francesco Pellegrino, del Dipartimento di Fisica e Astronomia “Ettore Majorana” dell’Università di Catania, che ci parlerà dei fenomeni di trasporto idrodinamico in grafene, presentando alcuni esempi controintuitivi e misurabili, come la resistenza non-locale negativa, la comparsa di vortici di corrente elettronica, il trasporto superballistico attraverso costrizioni e la viscosità Hall, misurata solo recentemente in campioni di grafene. Chiuderà la mattinata Giuliana Currò, laureatasi a Messina e attualmente product marketing e business development manager presso la sede di Rousset della STMicroelectronics che terrà un breve intervento sui benefici dell’uso di tecniche computazionali di deep learning nel campo della ricerca in microelettronica. Dopo la pausa pranzo che trascorreremo insieme, aprirà la sessione pomeridiana Alessandro Pluchino, fisico presso l’Università di Catania e già ospite di due precedenti edizioni di Appunti di Fisica Teorica; Alessandro ci parlerà di modelli computazionali ispirati alla fisica statistica, grazie ai quali studiare i comportamenti sociali emergenti da una prospettiva innovativa (e con risultati spesso sorprendenti), con particolare attenzione al ruolo del caso nei sistemi sociali. Chiuderà la giornata Salvatore Savasta, membro del nostro Dipartimento MIFT, che parlerà della teoria dei sistemi quantistici in un regime di accoppiamento estremo luce-materia, detto ultraforte, mostrando una serie di nuovi

effetti fisici e potenziali applicazioni, insieme ad una serie di setup sperimentali nei quali questo regime di interazione è stato effettivamente realizzato.

Un sentito ringraziamento va da parte nostra 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 nostri Corsi di Laurea in Fisica e della Scuola di Dottorato di Ricerca. Grazie a chi ci ha aiutato nelle varie fasi organizzative: il Prof. Fortunato Neri, direttore del Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della Terra della nostra Università, per il fattivo supporto all'iniziativa; il Prof. Lorenzo Torrisi, coordinatore del Dottorato di Ricerca in Fisica per aver fortemente favorito la presenza dei dottorandi all'evento. Grazie infine al Dott. Cirino Vasi, direttore dell'Istituto per i Processi Chimico-Fisici del CNR, per la sua ormai tradizionale ospitalità ed all'intero staff tecnico e amministrativo dell'Istituto per avere curato al meglio l'organizzazione logistica della giornata.



Appunti di Fisica



Appunti di Fisica nasce nel 2005 (dopo ben riuscite prove generali nel 2004), 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 nascono 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. Data la presenza degli studenti e data la composizione eterogenea per interessi scientifici dei partecipanti, incoraggiamo gli speaker a trattare gli argomenti in modo da renderne accessibile la comprensione a tutti i presenti. Al fine di coinvolgere gli studenti e di offrire loro una panoramica sulle tematiche di ricerca più calde trattate all'interno della nostra comunità scientifica, proponiamo anche dei seminari di rassegna. 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. La partecipazione ai seminari di Appunti di Fisica dà diritto all'acquisizione di crediti

formativi (in ragione di un CFU ogni otto seminari seguiti fino a Gennaio 2014 e da allora in poi di un CFU ogni sedici seminari seguiti) per gli studenti dei Corsi di Laurea Triennale e Magistrale in Fisica.

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).

<http://sites.google.com/site/appuntidifisicamessina>



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” della 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. Alcuni degli eventi che recentemente hanno riscosso notevole partecipazione da parte degli studenti e della comunità scientifica (e non solo) sono stati la visita presso il parco astronomico ad Isello, il Beach Astronomy e i diversi workshop su varie tematiche di spicco della ricerca. Tra questi i principali sono stati “Light: from photonics to laser-matter manipulations”, “Glasses and polymers: the science of disorder” e le giornate di “Appunti di Fisica Teorica”. Nel prossimo futuro sono previsti diversi eventi tra cui visite all’Istituto Nazionale di Geologia e Vulcanologia e ai Laboratori Nazionali del Sud di Catania e una conferenza sui materiali usati per le tecnologie energetiche. 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

14 Maggio 2019, Sala delle Conferenze del CNR-IPCF

- 10:00 — 10:20 Apertura dei lavori e saluti istituzionali
- 10:20 — 11:00 *Ottimizzazione automatizzata di strutture a cristallo fotonico* —
Vincenzo Savona
- 11:00 — 11:30 Caffè
- 11:30 — 12:10 *Quaranta ordini di grandezza in quattro metri quadri*
Maria Luisa Chiofalo
- 12:10 — 12:50 *Trasporto idrodinamico in grafene* — **Francesco Pellegrino**
- 12:50 — 13:10 *Deep Learning: opportunità e sfide aperte in microelettronica* —
Giuliana Currò
- 13:10 — 14:30 Pranzo
- 14:30 — 15:10 *Modelli computazionali del comportamento umano: il ruolo del caso nei sistemi socio-economici* — **Alessandro Pluchino**
- 15:10 — 15:50 *L'interazione ultraforte tra luce e materia* — **Salvatore Savasta**
- 15:50 — 16:00 Conclusioni

OTTIMIZZAZIONE AUTOMATIZZATA DI STRUTTURE A CRISTALLO FOTONICO

Vincenzo Savona

Institute of Physics, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland

Le strutture fotoniche artificiali a semiconduttore sono oggi alla base di svariate applicazioni, quali ad esempio la fotonica integrata per le telecomunicazioni, l'ottica nonlineare, l'elettrodinamica quantistica in cavità, e le sorgenti di luce non classica. In tutti questi casi, l'ottimizzazione delle funzionalità richieste si riflette in un'ottimizzazione della geometria della struttura. In passato varie strategie di ottimizzazione sono state proposte, spaziando da approcci fortemente euristici a tecniche di ottimizzazione globale della topologia della struttura. In questo seminario mostrerò come un approccio ibrido permetta di raggiungere i migliori risultati nel caso di strutture a cristallo fotonico. Tale approccio riposa su due fasi. La prima, di natura euristica, consiste nell'individuare un numero limitato di parametri geometrici che influenzano in modo rilevante la funzionalità che si desidera ottimizzare. La seconda, totalmente computazionale, consiste nell'applicazione di algoritmi di ottimizzazione globale per cercare la configurazione ottimale nello spazio dei parametri individuati. Tra gli algoritmi da noi utilizzati spiccano gli algoritmi genetici e, più recentemente, algoritmi basati su tecniche di machine learning. Dopo aver illustrato le basi teoriche del nostro metodo di ottimizzazione globale, mostrerò una serie di risultati riguardanti principalmente l'ottimizzazione del fattore di qualità di cavità ottiche a cristallo fotonico, e l'ottimizzazione della luce lenta a banda larga nelle guide d'onda a cristallo fotonico. Tali risultati teorici hanno dato origine a numerosi lavori sperimentali che hanno prodotto il nuovo stato dell'arte relativamente a tali funzionalità. Concluderò con una discussione sulle prospettive future del nostro metodo, in particolare riguardo alla possibilità di ottimizzare strutture basate su geometrie diverse da quelle a cristallo fotonico.

Vincenzo Savona ha conseguito la laurea in fisica presso l'Università di Pisa e il diploma della Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1993, sotto la direzione di Franco Bassani. Ha svolto il dottorato di ricerca al Politecnico di Losanna in Svizzera, sotto la direzione di Antonio Quattropani. Dal 2010 è professore associato all'Istituto di Fisica del Politecnico di Losanna, dove dirige il Laboratorio di Fisica Teorica dei Nanosistemi. Ha svolto ricerche nell'ambito delle proprietà ottiche dei semiconduttori e dell'ottica quantistica. Più recentemente, la sua attività di ricerca si è

svolta su due linee indipendenti: lo studio teorico dei sistemi quantistici aperti, e la simulazione e ottimizzazione di strutture fotoniche.

QUARANTA ORDINI DI GRANDEZZA IN QUATTRO METRI QUADRI

Maria Luisa Chiofalo

Dipartimento di Fisica “Enrico Fermi”, Università degli Studi di Pisa e INFN, Pisa

La fisica sta vivendo un'epoca di contaminazioni culturali senza precedenti: la possibilità di accedere alle scale di lunghezza e di energia, che caratterizzano la fisica degli atomi raffreddati a temperature di decine di nK, hanno fatto germogliare connessioni tra idee nate nella fisica della materia condensata e concetti cruciali nella fisica delle interazioni fondamentali e nella cosmologia. Più di quaranta ordini di grandezza in lunghezza, dai quark alle dimensioni stimate dell'Universo, possono essere in principio esplorati in esperimenti realizzati su tavoli ottici di pochi metri quadrati. In effetti, i fluidi atomici quantistici ultrafreddi rappresentano una piattaforma formidabile per studiare problemi rilevanti per la materia condensata, le interazioni fondamentali, e la cosmologia. Richiamando l'idea originaria di Feynman, possono essere considerati come sistemi quantistici utilizzati per simulare altri sistemi quantistici, facendo fruttare al meglio le condizioni altamente controllabili degli esperimenti e della modellizzazione teorica. Nel seminario, questa idea sarà discussa attraverso esempi selezionati da contesti diversi. Dopo aver passato in rassegna strumenti e concetti di base resi disponibili dalla piattaforma degli atomi freddi, ci si concentrerà su tre applicazioni: *(i)* il comportamento peculiare di liquidi quantistici in bassa dimensionalità (1D), *(ii)* la fisica del crossover BCS-BEC e la sua potenziale rilevanza per la superconduttività ad alta temperatura critica, il diagramma di fase di QCD e le stelle di neutroni, e *(iii)* il più recente paradigma dell'entanglement a molti corpi per le misure di precisione.

TRASPORTO IDRODINAMICO IN GRAFENE

Francesco M. D. Pellegrino

Dipartimento di Fisica e Astronomia "E. Majorana", Università degli Studi di Catania

L'interazione elettrone-elettrone usualmente ha un effetto trascurabile nel trasporto elettronico per via del principio di esclusione di Pauli, ma in sistemi particolarmente puliti e a temperature sufficientemente alte può indurre effetti non intuitivi. Recentemente si sono realizzati sistemi a stato solido sufficientemente puliti così che il trasporto elettronico sia dominato dalle collisioni elettrone-elettrone, mostrando comportamenti cooperativi tipici dei fluidi viscosi. Tra questi materiali uno dei più generosi nella fenomenologia del trasporto idrodinamico è il grafene incapsulato in campioni di nitruro di boro. In questo seminario verranno presentati alcuni esempi di questi fenomeni controintuitivi e misurabili, come la resistenza non-locale negativa, la comparsa di vortici di corrente elettronica, il trasporto superballistico attraverso costrizioni e infine la viscosità Hall misurata per la prima volta recentemente in campioni di grafene.

Francesco M. D. Pellegrino è ricercatore di Fisica della Materia presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Catania, si è dottorato presso l'Università di Roma Tre occupandosi dello studio delle proprietà elettroniche in grafene deformato, studi che gli sono valsi il premio dell'Accademia dei Lincei "Alfredo di Braccio" per giovani fisici. Successivamente ha trascorso un periodo di formazione post-dottorale presso la Scuola Normale di Pisa dove si è occupato di interazione luce-materia in grafene e semimetalli di Weyl, oltre che di trasporto idrodinamico in sistemi a stato solido.

DEEP LEARNING: OPPORTUNITA' E SFIDE APERTE IN MICROELETTRONICA

Giuliana Currò

Product Marketing and Business Development, STMicroelectronics, Rousset site, Francia

Siamo tutti consapevoli dell'enorme potenziale dell'Intelligenza Artificiale. In questo breve intervento vedremo come, sebbene colossi del mercato dei semiconduttori e non abbiano massicciamente investito in questo settore, l'industria dell'Intelligenza Artificiale sia ancora in fase nascente. Le opportunità sono numerose e soprattutto negli ultimi anni aperte non soltanto ai colossi del settore,

ma anche a piccole imprese avviate proprio nell'intento di sviluppare soluzioni innovative partendo spesso da laboratori accademici o avviate da veterani dell'industria seguendo nuove intuizioni (start-ups). Le sfide tecnologiche del Deep Learning restano tante, sia in ambito Hardware che Software, offrendo, in un contesto multidisciplinare, a studenti e professionisti la possibilità d'investigare sempre nuove frontiere. Senza entrare nel dettaglio, l'ambizione di questo intervento è di dare una panoramica generale delle problematiche tecnologiche più attuali e delle possibilità nell'ambito della microelettronica.

Giuliana, Maria Currò ha conseguito la Laurea in Fisica, col massimo dei voti e la lode accademica, all'Università di Messina nel 1993, seguita nel 1997 da un Dottorato di Ricerca in Fisica presso il dipartimento di Struttura della Materia della stessa Università. Sempre nel 1997 entra in STMicroelectronics (ST) a Catania, come ingegnere di processo CMP (Chemical Mechanical Polishing) del gruppo di Ricerca e Sviluppo della nuova fabbrica 8". Nel 2001 si trasferisce in Francia, presso la sede ST di Rousset, nei pressi di Marsiglia, dove segue i trasferimenti di tecnologie dalle sedi ST di Ricerca e Sviluppo di Agrate e Crolles. Si distingue nel 2003 come capo progetto per l'installazione di una "linea pilota rame", tecnologia di punta per le interconnessioni metalliche (tecnologia HCMOS 0.13 μ m). Dal 2005 lavora nelle sedi ST di Crolles e Grenoble come responsabile tecnico delle tecnologie "outsourced" presso "Wafer Foundries" in Asia. Nel 2009 consegue un Master of Business Administration presso l'Edinburgh Business School (Heriot-Watt University) e nel 2011 lascia le tecnologie per dedicarsi al "Marketing" ed al "Business Development". Il primo incarico la porta a lavorare con la divisione "SetTopBox" con sede a Grenoble, dove resta per 5 anni. Attualmente, di ritorno in ST a Rousset, vicino Marsiglia, lavora come Product Marketing per i prodotti NFC (Near Field Communication) nella divisione Memorie. Specialista di trasferimenti, industrializzazione e "outsourcing" di tecnologie per la microelettronica su silicio (Flash memories, EEPROM, HCMOS, HCMOS/RF), ha invece ricoperto ruoli diversi come "marketer": technical-product marketing, business development, marketing communication, on-line marketing.

MODELLI COMPUTAZIONALI DEL COMPORTAMENTO UMANO: IL RUOLO DEL CASO NEI SISTEMI SOCIO-ECONOMICI

Alessandro Pluchino

Dipartimento di Fisica e Astronomia “E. Majorana”, Università degli Studi di Catania

Anche se il comportamento di un singolo individuo è generalmente imprevedibile, quando numerosi individui si trovano vincolati all'interno di un medesimo sistema sociale i loro schemi collettivi presentano spesso delle regolarità statistiche emergenti, spesso analoghe a quelle che caratterizzano sistemi fisici a molti corpi. In queste condizioni, gli individui si comportano come una sorta di “atomi sociali” e nel contesto della Scienza della Complessità sono sorte nuove discipline ibride, come la Sociofisica o l'Econofisica, che, per mezzo di modelli computazionali ispirati alla fisica statistica, studiano i comportamenti sociali emergenti da una prospettiva innovativa i cui risultati sono spesso sorprendenti. In questo seminario si fornirà una breve introduzione di questi concetti, mostrandone nel contempo alcune recenti applicazioni a casi concreti, con particolare attenzione al ruolo del caso nei sistemi sociali.

Alessandro Pluchino è professore associato di fisica teorica presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia “E. Majorana” dell'Università di Catania ed è incaricato di ricerca presso l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. La sua attività di ricercatore verte principalmente sull'elaborazione di modelli matematici e computazionali dei sistemi complessi, e spazia dalla fisica fondamentale ai sistemi biologici ed ecologici, fino ad applicazioni ai sistemi economici e sociali. Autore di oltre cento pubblicazioni scientifiche e relatore a numerose conferenze a livello nazionale e internazionale, si occupa anche attivamente di divulgazione scientifica per un pubblico non specialistico. Tra le sue più recenti pubblicazioni in tal senso possiamo citare “La firma della complessità. Una passeggiata al margine del caos”, “Democrazia a sorte. La sorte della democrazia” e “Il vuoto. Un enigma tra fisica e metafisica”. Nel 2010 è stato insignito, con Andrea Rapisarda e Cesare Garofalo, del premio Ig-Nobel per il Management presso l'Università di Harvard (Sito web accademico: <http://www2.dfa.unict.it/home/pluchino/>).

L'INTERAZIONE ULTRAFORTE TRA LUCE E MATERIA

Salvatore Savasta

Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e

Scienze della Terra (MIFT), Università degli Studi di Messina

Questo regime di accoppiamento estremo tra luce e materia è diventato realtà sperimentale negli ultimi dieci anni. Si tratta di un nuovo regime di interazione in cui il rate con cui luce e materia scambiano energia risulta confrontabile con le frequenze di transizione del sistema [1]. Se addirittura tale rate diventa maggiore, l'accoppiamento è detto di tipo *deep strong*. Questo regime estremo è stato recentemente ottenuto con i polaritoni di Landau ed in circuiti quantistici superconduttori [1]. In questo seminario descriverò la teoria dei sistemi quantistici in accoppiamento ultraforte, mostrando una serie di nuovi effetti fisici e potenziali applicazioni [2,3]. Mostrerò inoltre la moltitudine di setup sperimentali e di sistemi fisici, tra i quali i circuiti superconduttori, le molecole organiche, i polaritoni nei semiconduttori, ed i sistemi optomeccanici, in cui è stato realizzato il regime di interazione ultra-forte. Recentemente è stato mostrato come in presenza di accoppiamenti ultraforti, modelli comunemente utilizzati in cavity-QED violino l'invarianza di gauge, principio cardine dell'interazione luce-materia. Mostrerò brevemente come siamo riusciti ad identificare l'origine del problema e a sviluppare un metodo per ottenere Hamiltoniane di interazione luce-materia in grado di produrre risultati gauge-invarianti indipendentemente dalle approssimazioni [4].

[1] A. F. Kockum *et al*, Nat. Rev. Phys. **1**, 19 (2019).

[2] V. Macrì *et al*, Phys. Rev. X **8**, 011031 (2018).

[3] O. Di Stefano *et al*, Phys. Rev. Lett. **122**, 030402 (2019).

[4] O. Di Stefano *et al*, to appear on Nat. Phys. (2019).

Salvatore Savasta, è professore associato di fisica teorica della materia presso il Dipartimento MIFT dell'Università di Messina. Da diversi anni è visiting researcher presso il Theoretical Quantum Physics Laboratory del Riken, Saitama (Giappone). La sua attività di ricerca è incentrata principalmente nel campo dell'ottica quantistica. In particolare si è occupato di effetti quantistici dell'interazione luce-materia in vari sistemi, dalle nanostrutture a semiconduttore agli atomi artificiali basati su circuiti quantistici superconduttori. Si è occupato anche di plasmonica quantistica, optomeccanica quantistica ed effetto Casimir dinamico. Autore di oltre cento pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali (<https://scholar.google.it/citations?user=vnWyp5sAAAAJ&hl=it>), tra cui un lavoro su Nat. Rev. Phys., uno su Nat. Phys., uno su Phys. Rev. X, tre lavori su ACS Na-

no e dodici su Phys. Rev. Lett. E' stato relatore su invito a numerose conferenze internazionali. E' membro dell'editorial board di Scientific Reports per la sezione Quantum Physics. Sito del gruppo di ricerca: <https://sites.google.com/view/quantum-physics-theory-unime/>.