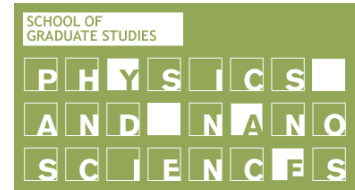




UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA



Autovalutazione 2024

Scheda CINECA per il XL Ciclo

Denominazione corso di dottorato: PHYSICS AND NANO SCIENCES

1. Informazioni generali

Corso di Dottorato

Il corso è:	Rinnovo
Denominazione del corso	PHYSICS AND NANO SCIENCES
Cambio Titolatura?	NO
Nuova denominazione del corso	PHYSICS AND NANO SCIENCES
Ciclo	40
Data presunta di inizio del corso	01/11/2024
Durata prevista	3 ANNI
Dipartimento/Struttura scientifica/artistica proponente	Scienze fisiche, informatiche e matematiche
Numero massimo di posti per il quale si richiede l'accreditamento ai sensi dell'art 5 comma 2 del DM 226/2021	20
Dottorato che ha ricevuto accreditamento a livello internazionale (Joint Doctoral Program):	NO
Il corso fa parte di una Scuola?	NO
Presenza di eventuali curricula?	NO
Link alla pagina web di ateneo/istituzione del corso di dottorato	http://www.nano-phdschool.unimore.it/site/home.html

Descrizione del progetto formativo e obiettivi del corso

Descrizione del progetto:

Il percorso formativo è centrato sullo sviluppo/applicazione di tecniche sperimentali e metodi teorico/computazionali avanzati per lo studio della materia e dei sistemi alla nano-scala. Alcuni altri aspetti della fisica fondamentale e applicata sono altresì oggetto del corso. Il progetto formativo comprende: un progetto di ricerca originale; la partecipazione a corsi, seminari e scuole; erogazione di esercitazioni; esperienze di comunicazione scientifica e (limitata) attività didattica. Le tematiche caratterizzanti del Corso comprendono:

- Sistemi, materiali e dispositivi per la sostenibilità e per la salute
- ○ Raccolta, accumulo e conversione di energia
- ○ Elettronica (bio)organica e elettronica flessibile
- ○ Nano-tribologia
- ○ Biosistemi per la salute
- Scienze quantistiche e nanotecnologie
- ○ Tecnologie quantistiche
- ○ Scienza dell'informazione quantistica
- ○ Materiali a bassa dimensionalità e quantistici: crescita, caratterizzazione e modellizzazione
- ○ Micro e nanofabbricazione
- ○ Microscopie e spettroscopie
- Teoria e calcolo della materia condensata
- ○ Simulazioni multiscala a principi primi
- ○ Teoria quantistica dei sistemi a molti corpi
- ○ Simulazioni avanzate di materiali e molecole: proprietà, eccitazioni e spettroscopie
- ○ Sviluppo di teorie e metodi per la fisica computazionale della materia condensata

○ Calcolo ad alte prestazioni per i materiali
 ○ Progettazione basata sui dati e scoperta dei materiali: machine learning e flussi di lavoro automatizzati
 - Interazioni fondamentali e astrofisica
 ○ Teoria quantistica dei campi
 ○ Teoria delle stringhe
 ○ Fisica delle alte energie e delle astroparticelle
 ○ Teoria e metodi computazionali per la simulazione di buchi neri e galassie
 Per lo svolgimento dei progetti di ricerca, i dottorandi hanno accesso a infrastrutture sia locali (deposizione materiali, litografie, microscopie, spettroscopie, laboratori di basse temperature, di biofisica e per il calcolo scientifico) che internazionali (sincrotroni, super-calcolo, campi magnetici intensi, microscopia elettronica, laser a elettroni liberi) e hanno modo di partecipare a Congressi, Scuole e reti di ricerca nazionali/internazionali con soggiorni all'estero. I progetti applicativi prevedono anche periodi di formazione in aziende o in collaborazione con altri soggetti (ad es. enti di ricerca, scuole secondarie) per la comunicazione scientifica. Le diverse attività̀ svolte dai dottorandi vengono monitorate e validate annualmente dal Collegio.

Obiettivi del corso:

Obiettivo del corso è formare ricercatori dotati di competenze specialistiche in settori di punta della fisica e delle nanoscienze che possiedono conoscenze trasversali utili a interagire con operatori internazionali e con approcci diversi in settori multi-disciplinari. Il percorso formativo proposto è fortemente interdisciplinare e aperto a studenti di diversa provenienza e di diversa formazione (fisica, chimica, biologia, ingegneria, astrofisica etc.). Il percorso formativo prevede l'apprendimento e la pratica di tecniche sperimentali avanzate - tra le quali scienza delle superfici, microscopie, fisica delle basse temperature -, di metodi per la fisica teorica e delle interazioni fondamentali e tecniche computazionali per il calcolo scientifico ad alte prestazioni, in particolare per lo studio della materia e dell'astrofisica. Tra gli obiettivi formativi trasversali è prevista la revisione critica di risultati scientifici, il lavoro di gruppo, la scrittura di articoli scientifici, la presentazione e la gestione di un progetto scientifico, attività̀ didattiche e di comunicazione scientifica.

Sbocchi occupazionali e professionali previsti

Il Corso si propone di contribuire alla formazione di ricercatori nel campo interdisciplinare che comprende la fisica della materia e dei materiali, la chimica-fisica di molecole e materiali funzionali, le nanoscienze e le tecnologie abilitanti quali quelle nano-, digitali e quantistiche. Il Corso offre anche percorsi per la formazione di ricercatori nel campo della fisica teorica delle interazioni fondamentali e dell'astrofisica extra-galattica. I percorsi formativi pongono al centro sia la scienza di base che le applicazioni e rispondono alla domanda di formazione nei settori dell'informazione (Quantum Technologies, High Performance Computing, Big Data, Artificial Intelligence e Machine Learning, Nano(Spin)Elettronica etc.), delle scienze della vita (biotecnologie, diagnostica e drug design) e delle tecnologie per l'ottimizzazione delle risorse energetiche.

Le competenze raggiunte sono quelle necessarie per l'accesso alla carriera accademica e ai ruoli di ricercatore o tecnologo in università̀ e enti di ricerca italiani e stranieri e si rivolgono all'alta formazione di quadri e dirigenti nel settore della industria e dei servizi. Da evidenziare che il tracciamento degli sbocchi occupazionali di studenti dottorati nel nostro corso negli ultimi anni mostra anche casi eccellenti di inserimenti di alcuni dei nostri dottorandi in centri di ricerca e Università̀ estere. Da ultime indagini Alma Laurea risulta -ad un anno dal titolo per i dottori in scienze di base a cui si riferisce il nostro corso- che il tasso di occupazione è superiore al 90%, l'attività̀ di ricerca svolta è superiore al 90% e l'efficacia del dottorato nel lavoro svolto è superiore al 77%: tutte queste sono le percentuali più̀ alte ottenute tra i diversi ambiti disciplinari a testimonianza delle ottime prestazioni sul placement dei corsi di dottorati nel nostro settore.

Sede amministrativa

Ateneo/Istituzione Proponente:	Università degli Studi di MODENA e REGGIO EMILIA
N° di borse finanziate	10
di cui DM 630 (Investimento 3.3):	1
di cui DM 629 (Investimento 3.4):	
di cui DM 629 (Investimento 4.1 generici):	
di cui DM 629 (Investimento 4.1 P.A.):	

di cui DM 629 (Investimento 4.1 Patrimonio culturale):	
Sede Didattica	Modena

Coerenza con gli obiettivi del PNRR

Il Corso copre tematiche di punta su due aree strategiche individuate dal PNRR: 1) le Tecnologie Digitali e 2) Sistemi e processi per l'efficiamento energetico e la Sostenibilità Ambientale. In maniera più trasversale vengono forniti percorsi formativi sulle (nano) tecnologie abilitanti incluse tecniche di micro- e nano-fabbricazione e microscopia e quelle di sintesi chimica e fisica di strutture supramolecolari e di self-assembling su superfici funzionali.

Per quanto riguarda la prima area di azione (Tecnologie Digitali) il corso propone un percorso dedicato allo sviluppo e l'utilizzo di metodi, algoritmi, codici, workflow e machine learning per il calcolo scientifico ad alte prestazioni (HPC) nello studio dei materiali e dell'astrofisica dei buchi neri e di galassie e un percorso specialistico dedicato a tecnologie quantistiche. Nel primo caso, viene offerto accesso a facilities e corsi avanzati per HPC. Nel secondo caso sono offerti sia percorsi teorici, legati anche allo studio di problemi generici di scienze quantistiche o a temi legati a sistemi a stato solido più specifici, sia progetti sperimentali attinenti a sistemi quantistici a stato solido e allo sviluppo di tecniche quantistiche avanzate.

Le tematiche legate alla Sostenibilità Ambientale vengono affrontate sia teoricamente che sperimentalmente con un buon supporto per la realizzazione di nano-sistemi modello sia per sintesi chimica e fisica che per litografie avanzate con relative tecniche di caratterizzazione. In particolare, nel nostro corso, sono trattati modelli teorici simulativi di materiali per applicazioni nel campo dell'energia pulita, e tecniche sperimentali per la realizzazione e la caratterizzazione di nano-sistemi per il recupero dell'energia e per l'elettronica bio-compatibile.

Nel quadro del DM 630/2024 le aziende hanno inviato diverse manifestazioni di interesse alle tematiche sopra citate e inerenti il nostro corso di studio, delle quali una è supportata con una borsa PNRR per il XL ciclo. Il progetto relativo è finalizzato allo studio dei meccanismi di origine dei processi termoindurenti di polimeri e nello studio di processi che possano permettere il rimodellamento di questi polimeri e infine controllare i relativi cicli di vita nell'ottica di una economia circolare.

Tipo di organizzazione

1) Dottorato in forma non associata (Singola Università/Istituzione)

Imprese (ACCREDITAMENTO AI SENSI DEL DM 226/2021)

n.	Nome dell'impresa	C.F./P.IVA **	Sito Web e/o Indirizzo sede legale	Paese	Consorzio/Convenzionato	Sede di attività formative	N. di borse finanziate o per le quali è in corso la richiesta di finanziamento	Importo previsto del finanziamento per l'intero ciclo	Data sottoscrizione convenzione/consorzio	N. di cicli di dottorato coperti dalla convenzione	PDF Convenzione (se consorzio l'Atto costitutivo e statuto) o finanziamento accordato per i dottorati in forma non associata. (*)	Ambito di attività economica dell'Istituzione e/o Descrizione attività R&S

(*) campo obbligatorio

Imprese partner ai sensi del DM 630/2024

n.	Nome dell'impresa	Forma Giuridica	C.F./P.IVA **	Sito Web e/o Indirizzo sede legale	Paese	Codice ATECO**	Ambito di attività economica dell'Istituzione e/o Descrizione attività R&S	N. di borse che intende cofinanziare (DM 630/2024)	Importo previsto del cofinanziamento per l'intero ciclo
1.	ACELL	S.r.l.	07712540967	https://www.acelltec.com/	IT	22.23.09	L'azienda svolge in	1,00	

	ITALY S.r.l.				Italia attività R&D, produzione e commercio di manufatti in materia plastica, nonché la realizzazione e costruzione di macchinari per la lavorazione di materie plastiche ed affini (cod. ATECO 22.23.09). Ha attualmente 12 addetti, impegnati in modo indifferente sia per la produzione, sia per la ricerca e sviluppo. Il fatturato 2023 è di 1,3 Mln. L'azienda ha circa 260 brevetti, di prodotto e tecnologia di produzione, di cui uno specifico relativo al progetto descritto. Sul progetto non sono state fatte, ad oggi, pubblicazioni. L'azienda è dotata di un laboratorio per le analisi chimiche e le attività propedeutiche alle produzioni, tre impianti di produzione (uno per la produzione di espansi, senza uso di espandenti, mineral-fenolici; uno per la produzione di pre-impregnati con matrice mineral-fenolica; uno per la realizzazione in linea di pannelli che accoppiano i due materiali detti) e una postazione (pressa di 150 ton a piatti caldi) per le attività di ricerca e sviluppo.		
--	-----------------	--	--	--	---	--	--

(**) CF/P.IVA e CODICE ATECO sono obbligatori se l'impresa è in Italia

Borse PNRR 630 - impresa/e in corso di definizione

Totale Borse PNRR DM630	1
di cui Borse PNRR 630 già cofinanziate da imprese	1
di cui Borse PNRR 630 con impresa/e in corso di definizione	0

Informazioni di riepilogo circa la forma del corso di dottorato

Dottorato in forma non associata	SI
Dottorato in forma associata con Università italiane	NO
Dottorato in forma associata con Università estere	NO
Dottorato in forma associata con enti di ricerca italiani e/o esteri	NO
Dottorato in forma associata con Istituzioni AFAM	NO
Dottorato in forma associata con Imprese	NO
Dottorato in forma associata - Dottorato industriale (DM 226/2021, art. 10)	NO
Dottorato in forma associata con pubbliche amministrazioni, istituzioni culturali o altre infrastrutture di R&S di rilievo europeo o internazionale	NO
Dottorato in forma associata - Dottorato nazionale (DM 226/2021, art. 11)	NO

2. Eventuali curricula

Curriculum dottorali afferenti al Corso di dottorato

La sezione è compilabile solo se nel punto "Corso di Dottorato" si è risposto in maniera affermativa alla domanda "Presenza di eventuali curricula?"

3. Collegio dei docenti

Coordinatore

Cognome	Nome	Ateneo/Istituzione Proponente:	Dipartimento/Struttura	Qualifica	Settore concorsuale	Area CUN	Scopus Author ID (obbligatorio per bibliometrici)	ORCID ID
AFFRONTI	Marco	Università degli Studi di MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	Professore Ordinario	02/B1	02	56229024700	0000-0001-5711-7822

Curriculum del coordinatore

QUALIFICHE:

2016(13)-oggi Professore (Stra-)Ordinario, settore disciplinare FIS/01, Settore Concorsuale 02/B1, Università Modena e Reggio Emilia (UNIMORE)

2006-2016: Responsabile di Commessa del CNR- Istituto di NanoScienze S3.

2002-2013: Professore Associato della Facoltà di Ingegneria di UNIMORE

1993-2002: Ricercatore della Facoltà di Ingegneria dell' Università di Modena.

1993: qualifica di Maître de Conférence del Ministero Francese della Cultura.

FORMAZIONE:

1980 "Maturità scientifica" ottenuta con 60/60 al V° Liceo Scientifico di Firenze.

1987. Laurea in Fisica all'Università di Firenze (I) con 110/110 e Lode. Relatore della tesi: Prof. C. Rizzuto; titolo: "Calorimetria a basse temperature su composti intermetallici di terre rare". Studi principali su Fisica della Materia, Elettronica e Ottica quantistica.

1988-91 Dottorato all' E.P.F. di Losanna (CH) con relatore Prof. Ø. Fischer (Geneva, CH). Titolo della tesi: "Hall effect of the superconducting oxides."

1992-93, borsa individuale post-doc. Marie Curie al laboratorio LEPES del CNRS di Grenoble (F).

1995: stage 3 mesi presso il Laboratorio CNRS-LEPES (Grenoble-F) come Maître de Conférence Invité.

1998: stage 3 mesi presso il Laboratorio CNRS-CRTBT (Grenoble-F) come Maître de Conférence Invité.

2015: Professeur Invité per 1 mese Université Paris Sud

2021: Professore invitato a Scuola Normale di Pisa

PUBBLICAZIONI:

più di 220 pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali, tra cui: 1 Nature Nanotech.; 3 Scientific Reports; 2NPJ Quantum Information; 1 NPJ Quantum Materials, 10 PRL; 41 Phys Rev B; 2 Phys.Rev Materials; 1 NanoLetter; 4 ACS nano; 4 Angew Chem ; 2 JACS; 5 APL; 4 ACS Nano; 4 Adv. Funct Mat. ; 2 Quantum Adv. Tech.; 10 review articles and chapters of books published under

commission. 1 brevetto
più di 7600 citazioni (WoS)
H-index=45 (WoS; Scopus)
ORCID ID: 0000-0001-5711-7822; Scopus ID: 56229024700

PRESENTAZIONI A CONFERENZE INTERNAZIONALI

M.A. ha presentato più di 50 interventi orali in conferenze internazionali negli ultimi 10 anni, più della metà su invito, 1 plenary, 3 keynote.

ATTIVITA' DI RICERCA.

Gli interessi principali di MA sono oggi rivolti alle Nanoscienze, in particolare Nanomagnetismo, fenomeni quantistici in molecole magnetiche, scienze e tecnologie quantistiche e spintronica. M.A. continua ad occuparsi di superconduttività, trasporto elettronico in materiali disordinati e a bassa dimensionalità (grafene) e proprietà termodinamiche di materiali magnetici, campi su cui si è formato. M.A. ha messo a punto -ed è specialista- nelle tecniche di misura di proprietà di materiali in condizioni estreme quali: basse temperature, alti campi magnetici o pressioni elevate, ottenendo risultati nuovi e originali con queste tecniche di misura. M.A. si è anche interessato di deposizione di molecole su substrati funzionali e presenta una attività continua sullo sviluppo di nano-dispositivi.

PRINCIPALI RISULTATI OTTENUTI.

SUPERCONDUTTIVITÀ: è il primo campo di ricerca di M.A. dalla sua tesi di Dottorato.

Studi di effetto Hall in multistrati YBCO / PrBCO e di campo critico superiore su composti di perovskiti cubiche. (PRB 43,13, 11484 1991)

Nel 2000, MA scopre la superconduttività in CaSi₂ a 14K sotto pressione, un risultato importante in quanto anticipa la scoperta della superconduttività in materiali tipo AlB₂ come MgB₂ e dato che questa è la più alta T_c riportata per siliciuri finora (PRB 61, 3800, 2000 and PRB 62, 11392 2000)

Nel 2006 ha riportato prove dirette di superconduttività a due-gap in MgB₂ da misure di calore specifiche, un risultato che è ancora citato e discusso nella comunità (PRL 96, 077003, 2006).

Recentemente ha trovato evidenze per un caso non convenzionale di riorientamento di spin nella nuova famiglia di superconduttori pnictides da misure di calore specifico in alto campo (PRB 214404, 2009).

MAGNETISMO MOLECOLARE:

Nel 1998, MA iniziato la collaborazione con il gruppo del Prof. D. Gatteschi (Agilent Technology EuroPhysics Prize nel 2002) sul magnetismo molecolare e si è concentrato sullo studio delle proprietà termodinamiche di questi materiali. MA inizialmente ha ottenuto risultati innovativi in questo campo utilizzando calorimetria a temperature ultra-basse e ad magnetometria di torsione in campi elevati. MA ha applicato calorimetria in un modo non convenzionale per studiare diversi fenomeni critici e quantistici su magneti molecolari come:

-la transizione di fase chirale in Gd-radicali catene [PRL 100, 057203 (2008)].

-prova diretta di repulsione livello in anelli di ferro [PRL 88 167201 (2002)].

-MA è stato anche il primo a proporre e applicare la magnetometria di torsione per studiare l'anisotropia magnetica di magneti molecolari e i suoi primi lavori sono oggi di riferimento in letteratura [PRB 60, 12177 (1999); Angew Chem. 15, 2264-2266 (1999)].

-Nel 2006, MA e collaboratori hanno riportato un caso anomalo di rilassamento lento della magnetizzazione nei super-tetraedri molecolari Ni₁₀ e Co₁₀ proponendo un nuovo meccanismo di intrappolamento di fononi. (PRL97, 207.201, 2006).

Effetto Magnetocalorico gigante in Magneti Molecolari:

-Nel 2004, MA ha studiato magneti molecolare con alto spin e basso anisotropia e ha suggerito di sfruttare queste caratteristiche per la refrigerazione magnetica. I suoi lavori sul Cr₇Cd e Fe₁₄, Mn₁₀ sono oggi il riferimento nel settore (APL 84 3468, 2004, APL 87, 072504 (2005) , J. of Mat. Chem. 16, 2534 2006, NPJ Quantum Materials 3, 1, 10, 2018)

FENOMENI QUANTISTICI E TECNOLOGIE QUANTISTICHE.

-Nel 2005, MA pubblica due lavori chiave proponendo il Cr₇Ni come candidato adatto per codificare qubit [Phys. Rev. Lett. 94, 190501 (2005) ; Phys. Rev. Lett. 94, 207208 (2005)]. Questi lavori hanno portato l'attenzione della comunità sui cluster di spin molecolari con basso spin e hanno dimostrato che Cr₇Ni soddisfa la maggior parte dei requisiti per QIP, aprendo così la strada per l'implementazione di un computer molecolare quantistico.

-Idee inizialmente elaborate in Angew. Chem Int. Ed. 44, 6496 (2005), conducono MA e collaboratori in Italia e Manchester alla dimostrazione di entanglement di spin in un lavoro comune sperimentale e teorico su sistemi supramolecolari (Nature Nanotechnologies 2009) e alla quantificazione diretta di questo effetto quantistico in sistemi mesoscopici molecolare (PRL 104 , 037.203 2010). L' attività di punta è ora incentrata su esperimenti di elettrodinamica quantistica con circuiti superconduttori utilizzati per la manipolazione di sistemi di spin (NPJ Quantum Information (2020) 6: 68; Adv. Quant. Technol. 4, 2100039, 2021) sviluppando recentemente anche tecniche di acquisizione basate su machine learning (Phys. Rev. Appl. 18, 064074 (2022) e dimostrando efficacia di protocolli di quantum sensing con spin molecolari (NPJ Quantum Information (2024) 10,41).

SUPERFICI.

Originali risultati sono stati ottenuti da MA e collaboratori su:

la deposizione di nanomagneti molecolari su substrati diversi e sfruttando funzionalizzazioni diverse. Combinato tecniche di microscopia a scansione di sonda e spettroscopie X sono stati utilizzati con successo portando ai seguenti risultati.

L'uso del dicroismo magnetico di raggi X è stato usato come sonda locale per studiare eccitazioni magnetiche in nanomagneti molecolari [PRB 77, 014402 (2008); PRB 79, 144419 (2009); PRB 79, 224430 (2009)] mentre l'energia termica di superficie è stata utilizzata per ottenere il self assembling di molecole complesse su superficie [ACS Nano. 5 (9) 7090-7099 (2011) Adv. Func. Mat. 22, 3706-3713 (2012)].

XMCD è stato utilizzato in maniera innovativa sul molecole refrigeranti per provare che effetto magnetocalorico è una proprietà intrinseca conservata a livello di sigola molecola Adv. Mat. 25, 2816-2820 (2013).

GRAFENE.

Nel 2008 M.A. comincia a utilizzare il grafene (J. Am. Chem. Soc., 2016, 138 (47), pp 15488-15496, ACS Nano 2021, 15, 2, 2654) per lo studio dei meccanismi di trasporto e per (ACS Nano 2021, 15, 2, 2654-2667) la realizzazione di dispositivi ultrasensibili per la spintronica. Dispositivi basati su grafene sono stati realizzati come magnetometri di flusso magnetico e come fototransistori (J. Phys. Chem. C, (2017), 121 (19), pp 10620; J. of Phys Chem C 2019, 123, 43, 26490). Questi sono stati utilizzati come piattaforma per

creare nano-architetture ibride per spintronica molecolare [Nanoletters 11, 2634-2639 (2011)].

MAGNONICA in CAVITA'

Regime di ultra strong coupling è stato ottenuto e studiato sfruttando le proprietà di film di garnet di ferro (YIG) a contatto con risonatori planari superconduttori di YBCO (Phys. Rev Appl 2023, 20, 024039)

NANO-DISPOSITIVI.

La tecnica della magnetometria con micro-sonde di Hall, basate su eterostrutture a semiconduttore, è stato implementato in un sistema commerciale criomagnetico per la misurazione di piccoli cristalli magnetici in condizioni diverse, portando ad un'importante collaborazione con l'industria design Quantum (vedi nota applicativa 1099-205, <http://www.qdusa.com/resources/index.html>) Nano-sonde Hall di diversi materiali semiconduttori e metallici ad alta sensibilità flusso magnetico sono state realizzate da fresatura di messa a fuoco Ion Beam [Nanotechnology 17, 2105 (2006)]

Un innovativo microscopio a scansione di sonda Hall è stato utilizzato per studiare superfici magnetiche (SMALL 4, 12, 2240, 2008). dal 2013 M.A. ha iniziato con il suo gruppo lo sviluppo di risonatori planari per dispositivi ibridi per QED. [APL 106, 184101 (2015), PRA 93, 063855 (2016)].

nel 2018 M.A. ha iniziato lo studio di quantum dots a base di nanofili semiconduttori [Sci. Rep. 9, 19523 (2019)] utilizzati anche come sensori di microonde (Sensors 2020, 20, 4010; Adv. Funct. Mater. 2023, 2212517)

MANAGEMENT.

M. A. è stato ed è tuttora responsabile di diversi progetti di ricerca nazionali e internazionali. Dal 2005 ad oggi ha gestito progetti di ricerca per circa 3M€

FONDI DI RICERCA OTTENUTI E GESTITI SU PROGETTI:

Team Leader of international project "Molecular Spin Quantum Technologies and Quantum Algorithms" supported by US Office of Naval Research N62909-23-1-2079. (2023-25) US300k\$.

Team leader of the European STREP project H2020 FET Open "SUPERGALAX". Budget totale 2.5 M€ (2020-2023).

Responsabile di Unità nel progetto PRIN 2015 "Quantum Coherence in Nanostructures of Molecular Spin Qubits" (105K€/per unità UNIMORE)

* Coordinatore del European STREP project FP7-ICT FET-PROACTIVE on "Molecular Quantum Spintronics". Three years funding for 2.0 M€ (2013-2016).

* Coordinatore of International project Quantum Properties of Molecular Nanomagnets, supported by U.S. DEPARTMENT OF THE AIR FORCE ASIAN OFFICE OF AEROSPACE RESEARCH AND DEVELOPMENT AOARD-13-4029 Three years funding for 80000US\$ (2013-15) e 165000US\$ (2017-20)

Partner estero dell'unità di ricerca de Melbourne University Australian Research Council, nel Discovery project: "Spin detection and control in molecular nanomagnets at surfaces" (2015-18)

* Progetto bilaterale CNR-TUBITAK (Turchia) 2012-13.

* Coordinatore del European FP7-ICT FET-OPEN project on "Molecular Spin Clusters for Quantum Information Processing" funding x 2.0 M€ (330 K€/per Modena). (2008-11)

* Coordinatore del progetto di ricerca finanziato da Fondazione Cassa di Risparmio di Modena on Molecular Spintronics. 105K€/ 2 anni; 2009-10.

Responsabile di Unità National PRIN (2008) project on "Spin Dynamics and quantum effect in molecular nanomagnets". 70K€

Responsabile di Unità CNR-INFN Node of EC Network of Excellence "MagmaNet". The grant (10.7 MEuros in total, ca.1M€to CNR) 2005-2009

Responsabile di Unità del progetto PRIN (2006) "Spin Dynamics and quantum effect in molecular nanomagnets". 90K€/2anni

Responsabile di Unità CNR-INFN Node European of Framework VI Research Training Network "Quantum Effects in Molecular Magnets". 200K€/ 4anni 2004-2008.

Responsabile di Unità "Nanoorganization of hybrid molecular systems" (FIRB project). 211K€/ 3anni.

Responsabile di Unità: Mesoscopic Molecular Magnets "MESMAG" (INFN, Project of Research Activities 1999-2001); 350K€

Responsabile di Unità: "Very low temperature Physics" (FRA-INFN, 2001); 120K€

Responsabile di Unità: "Progetto applicativo" HEDGARD for the "realization of a prototype of electron gun for industrial applications" (INFN, 1999); 40K€

Responsabile di Unità "Applications of superconductivity" (CNR project, 2000-2002); 90K€

Responsabile di Unità: bilaterale Franco-Italiano programma Galileo (1997-98) and (1999-2000); 40K€

Responsabile di Unità: "High Tc superconductivity" (CNR project 1997); 30K€

RUOLI SVOLTI A LIVELLO INTERNAZIONALI.

Valutatore per progetti EU EIC programma Accelerator (2023-24)

Membro (Chairman nel 2023) del panel Physics 2 di valutazione dell' Academy of Finland (2019, 2020, 2023)

Reviewer (2015-16) e Membro del Comitato 24 di valutazione per progetti ANR (FR) (2017, '18, '19)

Coordinatore del progetto EC FP7 ICT FET-PROACTIVE: "Molecular Quantum Spintronics" (2013-2016).

Coordinatore del progetto EC FP7 ICT FET-OPEN "Molecular Spin Clusters for Quantum Information Processing". 2008-2011.

Reviewer per EU ICT FET Commission (2009). Reviewer per progetti EU EIC 2023.

Membro di Evaluation Panel Batch 6, ICT FET Open . Bruxelles July 2009.

Reviewer di EU ERC Commission (2009, 2016).

Membro di Steering Committee of the European Institute of Molecular Magnetism.

Membro di Governing Board of the EC NoE MAGMANet (2005-09)

Membro di Governing Board of the EC Marie Curie network QUEMOLNA (2004-08)

E' referee di riviste internazionali prestigiose.

ORGANIZZAZIONE DI CONFERENZE INTERNAZIONALI

Membro di international organizing committees:

First European International Meeting on Molecular Magnetism, Tomar, Portugal 2006;

Co-Organizer of the E-MRS symposium R "DCM4-II: Design, characterization and modeling of molecule-based magnetic materials", Strasbourg, France 2007;

Co-organizer of the JEMS'08 symposium "Magnetic Model Compounds, Molecular magnets and Organic Spintronics", Dublin from September the 14th-19th 2008;

Co-organizer of the 11th International Conference on Molecule-based Magnets, Florence 21 to 24 September 2008.

* Chairman di International workshop on "Entanglement in Solid State Systems" Lecce Sept. 2011.

Membro del panel scientifico della prestigiosa conferenza Europea FET11 (Budapest 2011) organizzata dalla commissione Europea ICT.

* Chairman del Simposio "Atomic and Molecular Scale Systems and Devices", EMRS Fall Meeting, Warsaw Sept. 2016

DIDATTICA

dal gen. 1988 a dic. 1991: Assistente al Politecnico Federale di Losanna (CH)

dal nov. 1993: come Ricercatore della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Modena, M.A. ha svolto esercitazioni per i corsi di Fisica 1 e Fisica 2 per Ing. Meccanica e per Ing. Informatica.

Dal 1996, M.A. ha avuto la docenza piena dei seguenti corsi:

AA1996-97 Docenza di Fisica 1 per il Corso di Diploma in Ingegneria Meccanica.

AA1997-98 Docenza di Fisica 1 per il Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica e Ingegneria dei Materiali. Corso semestrale con ~200studenti.

AA1999-2001 Docenza di Fisica Generale 1 per il Corso di Laurea in Ingegneria dei Materiali e Ingegneria Meccanica. Corso semestrale con ~200studenti.

Dal nov.2002, come Professore Associato dell'Università di Modena e R.E. ho svolto queste attività:

AA 2002-2009 Titolare del Corso di Fisica A per i corsi di Laurea di Ingegneria Elettronica e Ingegneria delle Telecomunicazioni. Corso trimestrale con ~100studenti.

AA 2002-2009 Titolare del Corso di Laboratorio di Fisica per i corsi di Laurea di Ingegneria Elettronica e Ingegneria delle Telecomunicazioni. Corso trimestrale con 80-150 studenti.

AA 2009-13 Titolare del Corso di Fisica e Laboratorio per i corsi di Laurea di Ingegneria Elettronica e Ingegneria delle Telecomunicazioni.

AA 2008/09/10 Corso di Magnetismo (3CFU)

AA 2011-oggi corso di Nanomagnetismo e Spintronica (6CFU)

AA 2013- corso di Fisica Generale 2 Elettromagnetismo (9CFU)

2007-2010 Coordinatore del Dottorato Europeo Su Magnetismo Molecolare. (EDMM)

dal 2014 al 2019 è stato Coordinatore del Corso di Dottorato in Fisica e Nanoscienze Università di Modena e Reggio Emilia. Riprende questo ruolo nel 2022.

Relatore di 20 tesi di Laurea e di 12 tesi di dottorato.

Referee in Commissioni di dottorato per università di Grenoble e di Hamburg.

DIFFUSIONE SCIENTIFICA.

M.A. ha collaborato alla mostra fotografica Blow-up: immagini dal Nano-Mondo (<http://www.s3.infm.it/blowup/index.html>). Il lavoro ha portato ad una collezione di immagini molto suggestive che sono state presentate in diverse mostre fotografiche (Genova 2006), Modena e Torino (2007), Parigi (2008). A questa iniziativa ho contribuito con immagini ottenute dal SHPM e con contributi finanziari ricavati da progetti europei. La collezione di immagini è stata raccolta anche in un libro con prefazione del premio Nobel R. Hoffman e recensito anche dalla rivista Nature (455, 714, 2007).

MA ha fatto diverse presentazioni di divulgazione scientifica presso scuole medie e superiori su argomenti che vanno dalla cosmologia alla fisica delle basse temperature.

MA ha fatto, su invito, due presentazioni al pubblico sul magnetismo e le nanoscienze nell'ambito delle seguenti iniziative:

"Quattro serate con la Fisica" Modena, giugno 2007, (<http://www.physicscom.unimore.it/index.php?page=4serate>)

"Scientiae Munus", Parma Feb. 2008 (<http://scientiaemunus.provincia.parma.it/>).

partecipato a dibattiti pubblici "EffettoModena" (2011).

MA ha contribuito alla pubblicazione di articoli di divulgazione scientifica su quotidiani nazionali quali il Sole 24 ore (10 Oct. 2007 e 15 Nov. 2007 è apparsa una mia intervista) and Il Resto del Carlino (12 Feb.2008) Le Scienze (2011); Nanowerk (2011) e su Il Nuovo Saggiatore Molecular Architectures for hybrid nanodevices, vol 32, n.5-6, 2016, p. 42-52

Componenti del collegio (Personale Docente e Ricercatori delle Università Italiane)

n.	Cognome	Nome	Ateneo	Dipartimento/ Struttura	Ruolo	Qualifica	Settore concorsuale	Area CUN	SSD	Stato conferma adesione	Scopus Author ID (obbligatorio per bibliometrici)	ORCID ID (facoltativo)
1.	AFFRONTE	Marco	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	Coordinatore	Professore Ordinario	02/B1	02	FIS/01	Ha aderito	56229024700	0000-0001-5711-7822
2.	ALESSANDRINI	Andrea	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/D1	02	FIS/07	Ha aderito	7006607243	
3.	BELEGGIA	Marco	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Ordinario (L. 240/10)	02/B1	02	FIS/01	Ha aderito	7003766384	
4.	BERTUZZO	Enrico	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/A2	02	FIS/02	Ha aderito	35184918700	
5.	BIANCHI	Michele	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze della vita	COMPONENTE	Ricercatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b L. 240/10)	03/B1	03	CHIM/03	Ha aderito	56359563300	
6.	BIANCO	Raffaello	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Ricercatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b L. 240/10)	02/B2	02	FIS/03	Ha aderito	54883121300	
7.	BISCARINI	Fabio	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze della vita	COMPONENTE	Professore Ordinario	03/B1	03	CHIM/03	Ha aderito	56228171600	

8.	BORDONE	Paolo	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/A2	02	FIS/02	Ha aderito	7003862929	
9.	CANTARELLA	Giuseppe	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Ricercatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b L. 240/10)	02/B1	02	FIS/01	Ha aderito	56543018700	
10.	CECCONI	Ciro	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/D1	02	FIS/07	Ha aderito	6602988498	
11.	CORNIA	Andrea	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze chimiche e geologiche	COMPONENTE	Professore Ordinario (L. 240/10)	03/B1	03	CHIM/03	Ha aderito	35821491900	
12.	CORRADINI	Oiindo	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/A2	02	FIS/02	Ha aderito	6602513577	
13.	D'ADDATO	Sergio	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/B1	02	FIS/01	Ha aderito	57199354585	
14.	FONTANESI	Claudio	MODENA e REGGIO EMILIA	Ingegneria 'Enzo Ferrari'	COMPONENTE	Professore Associato confermato	03/A2	03	CHIM/02	Ha aderito	55923159700	
15.	FRABBONI	Stefano	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Ordinario (L. 240/10)	02/B1	02	FIS/01	Ha aderito	56262636500	
16.	GAROLI	Denis	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze e metodi dell'ingegneria	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/B1	02	FIS/01	Ha aderito	8314490400	
17.	GASPARI	Massimo	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Ordinario	02/C1	02	FIS/05	Ha aderito	36910536700	
18.	GIBERTINI	Marco	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/B2	02	FIS/03	Ha aderito	33067774400	
19.	GOVONI	Marco	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Ricercatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b L. 240/10)	02/B2	02	FIS/03	Ha aderito	56346821300	
20.	MOLINARI	Elisa	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Ordinario	02/B2	02	FIS/03	Ha aderito	7102949582	
21.	ROSSELLA	Francesco	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/B1	02	FIS/01	Ha aderito	8923633000	
22.	RUINI	Alice	MODENA e REGGIO EMILIA	Scienze fisiche, informatiche e matematiche	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/B2	02	FIS/03	Ha aderito	6603475215	

Componenti del collegio (Personale non accademico dipendente di Enti italiani o stranieri e Personale docente di Università Straniere)

n.	Cognome	Nome	Tipo di ente:	Ateneo/Ente di appartenenza	Paese	Qualifica	SSD	Settore Concorsuale	Area CUN	Scopus Author ID (obbligatorio per bibliometrici)	P.I. vincitore di bando competitivo europeo*	Codice bando competitivo
1.	ABRAMO	Raul	Università straniera	SAO PAULO UNIVERSITY, PHYSICS INSTITUTE	Brasile	Professore di Univ.Straniera	FIS/02	02/A2	02	7003829370	NO	
2.	CALZOLARI	ARRIGO	Ente di ricerca (VQR)	Consiglio Nazionale delle Ricerche	Italia	Ricercatori	CHIM/02	03/A2	03	7004913681	SI	814487 + 953167
3.	CORONADO	Eugenio	Università straniera	UNIVERSITAT DE VALENCIA	Spagna	Professore di Univ.Straniera	CHIM/03	03/B1	03	7102064775	SI	788222
4.	DI FELICE	Rosa	Università straniera	UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA, LOS ANGELES, CA	Stati Uniti d'America	Professore di Univ.Straniera	FIS/03	02/B2	02	7006739527	NO	
5.	DUNIN-BORKOWSKI	Rafal	Ente di ricerca estero	FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH	Germania	Dirigenti di ricerca	FIS/01	02/B1	02	7006566548	SI	856538
6.	LUCHES	PAOLA	Ente di ricerca (VQR)	Consiglio Nazionale delle Ricerche	Italia	Ricercatori	FIS/01	02/B1	02	55887713600	NO	
7.	PALERMO	VINCENZO	Ente di ricerca (VQR)	Consiglio Nazionale delle Ricerche	Italia	Dirigenti di ricerca	CHIM/03	03/B1	03	8682320300	NO	

Produzione scientifica di ricercatori di enti di ricerca italiani o esteri ovvero di docenti di università estere dei settori non bibliometrici

n.	Autore	Eventuali altri autori	Anno di pubblicazione	Tipologia pubblicazione	Titolo	Titolo rivista o volume	ISSN (formato: XXXX-XXXX)	ISBN	ISMN	DOI	Scientifica e Classe A (rilevata in automatico in base all'ISSN, all'anno e al Settore Concorsuale del docente)
----	--------	------------------------	-----------------------	-------------------------	--------	-------------------------	---------------------------	------	------	-----	---

301-600 - Produzione scientifica di ricercatori di enti di ricerca italiani o esteri ovvero di docenti di università estere dei settori non bibliometrici

n.	Autore	Eventuali altri autori	Anno di pubblicazione	Tipologia pubblicazione	Titolo	Titolo rivista o volume	ISSN (formato: XXXX-XXXX)	ISBN	ISMN	DOI	Scientifica e Classe A (rilevata in automatico in base all'ISSN, all'anno e al Settore Concorsuale del docente)
----	--------	------------------------	-----------------------	-------------------------	--------	-------------------------	---------------------------	------	------	-----	---

601-900 - Produzione scientifica di ricercatori di enti di ricerca italiani o esteri ovvero di docenti di università estere dei settori non bibliometrici

n.	Autore	Eventuali altri autori	Anno di pubblicazione	Tipologia pubblicazione	Titolo	Titolo rivista o volume	ISSN (formato: XXXX-XXXX)	ISBN	ISMN	DOI	Scientifica e Classe A (rilevata in automatico in base all'ISSN, all'anno e al Settore Concorsuale del docente)
----	--------	------------------------	-----------------------	-------------------------	--------	-------------------------	---------------------------	------	------	-----	---

Componenti del collegio (Docenti di Istituzioni AFAM)

n.	Cognome	Nome	Istituzione di appartenenza	Ruolo	Qualifica	Settore artistico-disciplinare	Partecipazione nel periodo 19-23 a gruppi di ricerca finanziati su bandi competitivi	Riferimento specifico al progetto (Dati identificativi del progetto e descrizione)	Ricezione nel periodo 19-23 riconoscimenti a livello internazionale	Attestazione (PDF)	Descrizione campo precedente
----	---------	------	-----------------------------	-------	-----------	--------------------------------	--	--	---	--------------------	------------------------------

Componenti del collegio (altro personale, imprese, p.a., istituzioni culturali e infrastrutture di ricerca)

n.	Cognome	Nome	Istituzione di appartenenza	Paese	Qualifica	Tipologia (descrizione qualifica)	Area CUN	Scopus Author ID (facoltativo)
----	---------	------	-----------------------------	-------	-----------	-----------------------------------	----------	--------------------------------

Dati aggiuntivi componenti (altro personale, imprese, p.a., istituzioni culturali e infrastrutture di ricerca)

4. Progetto formativo

Attività didattica programmata/prevista

Insegnamenti previsti (distinti da quelli impartiti in insegnamenti relativi ai corsi di studio di primo e secondo livello)

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale	Note
1.	Fundamentals of Spintronics	12	primo anno	Free electrons, spin split of electronic bands in metals; Ferromagnetic/normal metal interfaces; Spin Injection and Accumulation at interfaces; Scattering & spin relaxation mechanisms; two-resistors model; FM/N multilayers; Giant Magneto Resistance. Spin valve; Magnetic Random Access Memory. Spin transfer torque. Spin transfer Oscillators. Spin-orbit effects at interfaces. Rashba effects. spin transistors. Spin Hall effect. Molecular Spintronics: from graphene to single molecule transistors. Practice in Laboratory			SI	
2.	Elements of Quantum Technologies	12	primo anno	Introduction to Quantum Technologies. Jaynes Cumming model Spin (NV centers in diamond) for quantum sensing. Josephson Junctions. SQUIDS magnetometers. Superconducting qubits: charge-, flux- and transmon- qubits. Superconducting devices for quantum			SI	

				computation and detection. Practice in low temperature Laboratory				
3.	Electrochemical molecule-surface manipulation.	8	secondo anno	Electrochemistry is a tool able to manipulate molecules and/or surfaces. For instance electro-polymerization, surface functionalization (electrodesorption of thiols, production of porous silicon, chemisorption of diazonium salts ...) processes can be controlled and driven in an electrochemical experimental environment. Here, a condensed series of lessons will span from a basic electrochemistry introduction from equilibrium (electrochemical potential and equilibrium, in relation to thermodynamics: Nernst equation) to faradaic processes (kinetics: Butler-Volmer equation). Then, four case studies will be illustrated and thoroughly examined in detail, concerning the use of electrochemical tools exploited in manipulating "molecules" and surfaces. / electrochemical potential, Nernst equation, Butler-Volmer, electropolymerization, electron transfer, spin-dependent electrochemistry.			SI	
4.	Intermolecular & Surface Forces	16	secondo anno	Intermolecular forces: Lennard-Jones Potential, Coulombic and Dipole-Dipole Forces, Polarization of Molecules, Dipole-Induced Dipole, London Dispersion Forces, Steric Repulsion and Hydrogen Bonding; Surface Forces; Van der Waals Forces between surfaces, Derjaguin Approximation, Hamaker Approach; Introduction to Protein-surface interactions.			SI	
5.	"Topological Materials"	8	primo anno	This course provides an introduction to the role of topology in condensed matter physics and in particular to the topological classification of materials and its interplay with symmetries. Concepts will be illustrated through simple models, keeping the mathematical complexity to a minimum, and discussing experimental realizations whenever possible			SI	
6.	"Ultrafast spectroscopies applied to functional materials"	24	secondo anno	The course aims at introducing ultrafast spectroscopies and their potentialities to understand dynamic processes in functional materials. Ultrafast photon sources - like femtosecond lasers and free electron lasers - will be introduced in the first part. Various pump-probe techniques, like femtosecond transient absorption spectroscopy, pump-probe-XAS, two-photon photoemission, ultrafast diffraction, will then be described, with reference to the specific ultrafast transition to be followed dynamically. Finally, the course will show some selected examples of application of ultrafast techniques to functional systems, like oxides, 2D compounds, photo(electro)catalysts and plasmonic materials.			SI	
7.	"Organic Electronics"	8	primo anno	In this course at the graduate level, I will first overview, also in a historical framework, how organic electronics evolved during the past decades from a pictorial idea to an industrial success story with the advent of the OLED displays, and what are still the open questions for			SI	

				research in this field. I will then highlight the physics behind the materials' research, and specifically the nature of quasi-particles in conjugated materials and how they move in the solid state, explaining the mechanism of operations of organic electronics devices. In the second part, I will discuss how organic electronics has then been moved from the solid state to aqueous electrolytes, with the demonstration of outstanding device response at microJoule power. I will discuss the role of ion-pi interactions in determining the ultrasensitivity of these devices to minute changes of interfacial potentials, and by explaining how organic bioelectronics devices operate. I will overview some examples from literature in the field of biosensing and neuroelectronics. I will discuss some effort aimed to understand the physics of these devices. Finally, I will address neuromorphic devices and circuits as simple low power approaches to non-boolean logic and sensing.				
8.	"Quantum materials"	20	primo anno secondo anno	I will present an overview of quantum materials introducing the fundamental electron-electron, electron-phonon and spin-orbit interactions that identify material classes such as superconductors and Mott insulators, charge density wave materials and topological insulators. I will start with an historical perspective on the discovery of these solid state systems and also present some of the most recent real world applications and future opportunities. Graphene and 2D TMD materials Charge density wave and excitonic insulators Experimental techniques to probe the electronic structure of quantum materials			SI	
9.	"Introduction to on-shell scattering amplitudes"	16	secondo anno	In this set of lectures, we will introduce techniques that allow to bypass the notion of quantum fields and write scattering amplitudes simply using covariance under a specific set of Lorentz transformations. We will also show some concrete application to cases of physical interest.			SI	
10.	"Fundamentals of quantum information processing"	20	primo anno secondo anno	Keywords:The qubit. Quantum gates. Density matrix. Quantum entanglement. von Neumann entropy. Generalized quantum dynamics. POVM. Quantum algorithms. quantum entropy, semidefinite programming, quantum data processing inequality, entropic inequalities, quantum estimation theory, quantum metrology.			SI	
11.	"New approaches to the path integral in statistical mechanics and quantum theory: numerical and analytical methods"	20	secondo anno	Quantum theory is the currently accepted microscopic description of fundamental particles and their interactions. Various methods exist for studying quantum systems - the "path integral" approach, involving a sum over trajectories, is one that has provided significant physical intuition. It also exposes a deep connection with statistical physics through a "rotation" from real to imaginary times which allows determination of a thermal system's partition function. Determining the path integral for a general system is hard, however, since knowing it is equivalent to solving the			SI	

				system: it contains the full information on the Hamiltonian's spectrum and associated eigenfunctions. Hence, a variety of numerical and analytical techniques have been developed to evaluate it. This course will provide an introduction to path integrals in quantum mechanics and statistical physics, describe traditional analytical and numerical approaches to their calculation, and then go on to present some recently developed tools that are shedding new light on path integrals and their interpretation. It naturally fits in to an introductory course on statistical physics but will be self-contained and of wider interest for those studying quantum mechanics. A connection with the “worldline formalism” of quantum field theory will be explored.				
12.	Fundamentals and Applications to Nano-electronics, Thermal Transport and Electrochemistry	10	primo anno secondo anno	The course will provide a general introduction to first principles modeling of materials, going from a overview of the field to more specialized and current topics of research. The presentation of the fundamentals will be focused on the topics of Molecular Dynamics simulations, and of Density Functional Theory. Then, applications of these techniques to several topics of current interest will be discussed, addressing both the theoretical tools developed to describe specific physical processes and to compute the relevant properties, and showing their use in the context of experimental results. These topics will include electronic transport in nanoscale devices (for nanoelectronics and molecular electronics), thermal transport of materials, and the interface between electrolytes and electrified electrodes (relevant for electrochemistry applications such as batteries). Other topics and applications can be discussed according to the interests of the students.			SI	

Riepilogo automatico insegnamenti previsti nell'iter formativo

Totale ore medie annue: 58 (valore ottenuto dalla somma del Numero di ore totali sull'intero ciclo di tutti gli insegnamenti diviso la durata del corso)

Numero insegnamenti: 12

Di cui è prevista verifica finale: 12

Altre attività didattiche (seminari, attività di laboratorio e di ricerca, formazione interdisciplinare, multidisciplinare e transdisciplinare)

n.	Tipo di attività	Descrizione dell'attività (e delle modalità di accesso alle infrastrutture per i dottorati nazionali)	Eventuale curriculum di riferimento
1.	Gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali	Courses on Research Management Specific Courses on Opportunities and pathways to national and international reserach and innovation, Project Design, Mobiltity of researchers, Full Bright and Euraxesses Portal, Budgeting, Business Planning are organised by the University for PhD students.	
2.	Perfezionamento linguistico	Courses on Scientific communication in English. The course is dedicated to advanced practice of english for presentation at seminars, different types lectures and preparation of scientific reports. This course is shared by PhD students of different Schools at UNIMORE.	
3.	Perfezionamento	Data Scientist with Python	

	informatico	Gain the career-building Python skills you need to succeed as a data scientist. No prior coding experience required. In this track, you'll learn how this versatile language allows you to import, clean, manipulate, and visualize data—all integral skills for any aspiring data professional or researcher. Through interactive exercises, you'll get hands-on with some of the most popular Python libraries, including pandas, NumPy, Matplotlib, and many more. You'll then work with real-world datasets to learn the statistical and machine learning techniques you need to train decision trees and use natural language processing (NLP). Start this track, grow your Python skills, and begin your journey to becoming a confident data scientist.	
4.	Valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca	<p>Course on Good Practices in science How the research world works in practice Communication in the scientific process Communication and engaging a broader public Funding of research "Publish or Perish" course on bibliometry Developing 'soft skills' writing -and especially building- a good CV (“I wish someone had told me...”) giving a scientific talk and communicating at scientific meetings writing a scientific paper communicating to the general public protecting your ideas: patents writing a proposal for funding of a scientific project / fellowship</p>	
5.	Seminari	In collaborazione con centro CNR NANO S3 di Modena i dottorandi seguono attività seminariale costante erogata dal centro: https://www.nano.cnr.it/news-events/seminars/ I seminari sono valutati con 1CFU/seminario e vengono richiesti almeno 5CFU/anno di questo tipo.	
6.	Seminari	Seminari interdisciplinari erogato dal Dipartimento di Scienze Fisiche informatiche e matematiche di UNIMORE: https://www.fim.unimore.it/site/home/archivio-eventi.html I seminari sono valutati con 1CFU/seminario e vengono richiesti almeno 5CFU/anno di questo tipo.	
7.	Attività di laboratorio	<p>Criogenia e campi magnetici generati da superconduttori. Microscopia elettronica laboratori di Spettroscopie avanzate Laboratorio di Bio Fisica (Scanning probe e Optical twizers) Cristallografie, risonanze magnetiche, Raman, IR scanning probe del centro Interdipartimentale (CIGS) Laboratori per sintesi chimica Laboratori di Nanofabbricazione (EBL, FIB) in convenzione con CNR NANO</p>	
8.	Attività presso Infrastrutture di ricerca	<p>Accesso a facilities internazionali di luce di sincrotrone (Elettra, ESRF, SOLEIL) e Campi magnetici intensi (HMFL Grenoble e NHMFL Tallahassee FL-US). Accesso alle attività e facilities del centro Europeo di eccellenza per supercalcolo MaX - Materials design at the Exascale. Accesso a facilities internazionali di Microscopia e Spettroscopia elettronica(Ernst Ruska-Centre for Microscopy and Spectroscopy with Electrons-Institute for Microstructure Research Research Centre Jülich, Germany)</p>	
9.	Attività presso Infrastrutture di ricerca	Gli studenti hanno accesso alle risorse di supercalcolo del CINECA attraverso una convenzione con il CNR e partecipando insieme ai loro tutors ai bandi ISCRA (Italian SuperComputing Resource Allocation), per l'utilizzo del nuovo supercomputer FERMI - IBM BG/Q.	

5. Posti, borse e budget per la ricerca

Posti, borse e budget per la ricerca

	Descrizione	Posti	
A - Posti banditi (includere le borse PNRR)	1. Posti banditi con borsa	N. 8	
	2. Posti coperti da assegni di ricerca	N. 2	
	3. Posti coperti da contratti di apprendistato		
	Sub totale posti finanziati (A1+A2+A3)	N. 10	

	4. Eventuali posti senza borsa	N. 1	
B - Posti con borsa riservati a laureati in università estere			
C - Posti riservati a borsisti di Stati esteri			
D - Posti riservati a borsisti in specifici programmi di mobilità internazionale			
E - Nel caso di dottorato industriale, posti riservati a dipendenti delle imprese o a dipendenti degli enti convenzionati impegnati in attività di elevata qualificazione (con mantenimento dello stipendio)			
F - Posti senza borsa riservati a laureati in Università estere			
(G) TOTALE = A + B + C + D + E + F		N. 11	
(H) DI CUI CON BORSA = TOTALE - A4 - F		N. 10	
Importo di ogni posto con borsa (importo annuale al lordo degli oneri previdenziali a carico del percipiente)	(1) Euro: 16.243,00	Totale Euro: (1) x (H-D) x n. anni del corso	€487.290
Budget pro-capite annuo per ogni posto con e senza borsa per attività di ricerca in Italia e all'Estero coerenti con il progetto di ricerca (in termini % rispetto al valore annuale della borsa al lordo degli oneri previdenziali a carico del percipiente)	(min 10% importo borsa; min 20% per dottorati nazionali): %10,00 (2) Euro: 1.624,3	Totale Euro: (2) x (G-D) x n. anni del corso	€53.601,9
Importo aggiuntivo per mese di soggiorno di ricerca all'estero per ogni posto con e senza borsa (in termini % rispetto al valore mensile della borsa al lordo degli oneri previdenziali a carico del percipiente)	(MIN 50% importo borsa mensile): %50,00		
	Mesi (max 12, ovvero 18 per i dottorati co-tutela o con università estere): 15,00 (3) Euro: 10.151,88	Totale Euro: (3)x(G-D)	€ 111.670,63
BUDGET complessivo del corso di dottorato			€ 652.562,53

(2): (importo borsa annuale * % importo borsa mensile)

(3): (% importo borsa mensile * (importo borsa annuale/12) * mesi estero)

Fonti di copertura del budget del corso di dottorato (incluse le borse)

FONTE	Importo (€)	% Copertura	Descrizione Tipologia (max 200 caratteri)
Fondi ateneo (in caso di forma associata il capofila)	338.666,58	51.9	Budget ricerca 1 borsa Fondazione Modena; 3 borse di dipartimento comprensive di budget ricerca e aumento estero; 2 assegni di ricerca; budget ricerca e aumento estero per 1 posto senza borsa
Fondi MUR	197.659,44	30.29	2 borse di Ateneo comprensive di budget ricerca e aumento estero; aumento estero 1 borsa Fondazione Modena; 1 borsa D.M. 630/2024
di cui eventuali fondi PNRR			1 borsa D.M. 630/2024

Fondi di altri Ministeri o altri soggetti pubblici/privati	116.236,56	17.81	1 borsa Fondazione Modena; 1 cofinanziamento per 1 borsa D.M. 630/2024 (Acell Italy S.r.l.); 1 borsa Regione Emilia Romagna comprensiva di budget ricerca e aumento estero
di cui eventuali fondi PNRR			
Fondi da bandi competitivi a livello nazionale o internazionale		0	
Finanziamenti degli altri soggetti che partecipano alla convenzione/consorzio (nel caso di dottorati in forma associata)		0	
Altro		0	
Totale	652562.58		

Soggiorni di ricerca

		Periodo medio previsto (in mesi per studente):	periodo minimo previsto (facoltativo)	periodo massimo previsto (facoltativo)
Soggiorni di ricerca (ITALIA - al di fuori delle istituzioni coinvolte)	SI	mesi 1		
Soggiorni di ricerca (ESTERO nell'ambito delle istituzioni coinvolte)	SI	mesi 12	mesi: 6	mesi: 18
Soggiorni di ricerca (ESTERO - al di fuori delle istituzioni coinvolte)	SI	mesi 3		

Note

(MAX 1.000 caratteri):

I dottorandi e le dottorande del nostro corso con borse ordinarie sono tenuti e svolgono- di norma tre mesi all'estero presso centri con cui abbiamo collaborazioni scientifiche in corso. La scelta è programmata per tempo, normalmente al secondo o terzo anno di dottorato e supportata con fondi di Ateneo o di Dipartimento appositamente riservati.

Dottorandi e dottorande che seguono programmi dedicati e anche supportati da fondi PNRR sono tenuti a un periodo minimo di 6 mesi -anche non continuativi- presso centri all'estero e periodi in azienda secondo quanto previsto dal bando e decreto relativo.

6. Strutture operative e scientifiche

Strutture operative e scientifiche

Tipologia	Â Â	Descrizione sintetica (max 500 caratteri per ogni descrizione)
Attrezzature e/o Laboratori		Il corso mette a disposizione strumentazione accessibile laboratori dei Dipartimenti coinvolti , del Centro Interdipartimentale Grandi Strumenti dell'Ateneo (CIGS), del centro CNR-NANO S3. I laboratori accessibili sono: <ul style="list-style-type: none"> ° Lab BioPhysics ° Low Temperature Lab. ° Sesamo ° Superman ° Nanofabbricazione CNR e microscopie (STM, AFM, SPHM, SEM, TEM). ° laboratorio di sintesi chimica ° laboratorio di elettronica organica ° laboratorio computazionale
Patrimonio librario	consistenza in volumi e copertura delle tematiche del corso	I dottorandi dispongono di 74000 volumi nella Biblioteca Scientifica Interdipartimentale (BSI) e possono accedere alle altre Biblioteche Universitarie che dispongono anche di risorse elettroniche, e-journals, banche dati e e-book.

		Nelle biblioteche Unimore è attivo il servizio di Prestito Interbibliotecario per chiedere ad altre biblioteche l'invio di volumi non presenti. I bibliotecari assistono la ricerca bibliografica con consulenza individuale, corsi e seminari, in presenza e online.
	abbonamenti a riviste (numero, annate possedute, copertura della tematiche del corso)	Le riviste cartacee in abbonamento a disposizione dei dottorandi sono 12, per un totale di 9472 annate disponibili. E' possibile accedere inoltre a migliaia di e-journals delle collezioni digitali di Ateneo ricercabili e consultabili online a partire dal portale BiblioMore e da Oneclick. Nelle Biblioteche Unimore è attivo il servizio di Document Delivery che consente di recuperare in breve tempo articoli pubblicati su riviste non comprese tra le collezioni in abbonamento.
E-resources	Banche dati (accesso al contenuto di insiemi di riviste e/o collane editoriali)	I dottorandi possono accedere a tutte le banche dati disponibili in Unimore. Tra queste in particolare MathSciNet, ACM Digital Library e European Mathematical Society. L'accesso alle risorse elettroniche di UNIMORE è possibile anche da remoto, tramite VPN o credenziali istituzionali.
	Software specificatamente attinenti ai settori di ricerca previsti	Licenze Software di Ateneo e dedicate a elaborazione dati e sviluppo di modelli fisici.
	Spazi e risorse per i dottorandi e per il calcolo elettronico	Strumenti informatici messi a disposizione dalle strutture coinvolte, come ad esempio: Workstation AMD Dual Athlon; Elaboratore parallelo IBM Beowulf. E9230: Server 2U Quad Node Dual Socket Intel - 4 * 3bays SATA IB QDR Gli studenti hanno accesso alle risorse di supercalcolo del CINECA attraverso una convenzione con il CNR e partecipando insieme ai loro tutors ai bandi ISCRA (Italian SuperComputing Resource Allocation), per l'utilizzo del nuovo supercomputer FERMI - IBM BG/Q.
Altro		

Note

7. Requisiti e modalità di ammissione

Requisiti richiesti per l'ammissione

Tutte le lauree magistrali: SI, Tutte

se non tutte, indicare quali:

Altri requisiti per studenti stranieri:

Eventuali note (max 500 caratteri):
Possono essere ammessi anche coloro (italiani e stranieri) che conseguano entro il termine previsto dal bando:
- una laurea (ante D.M. 509/99) o una laurea magistrale (D.M. 270/04) o una laurea specialistica (D.M. 509/99) in Italia;
- un titolo accademico all'estero che da accesso a formazione post-laurea nel paese di conseguimento, secondo convenzione di Lisbona

Modalità di ammissione

Modalità di ammissione

- Titoli
- Prova orale
- Progetto di ricerca

Per i laureati all'estero la modalità di ammissione è diversa da quella dei candidati laureati in Italia?

NO

se SI specificare:

Attività dei dottorandi

È previsto che i dottorandi possano svolgere attività di tutorato	SI	
È previsto che i dottorandi possano svolgere attività di didattica integrativa	SI	Ore previste: 40
E' previsto che i dottorandi svolgano attività di terza missione?	SI	Ore previste: 20

Note

Chiusura proposta e trasmissione: 07/06/2024
