

MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

Modulo Proposta Accreditamento dei dottorati - a.a. 2022/2023
codice = DOT13A7840

Denominazione corso di dottorato: SCIENZE DELLA MATERIA E DEI NANOMATERIALI

1. Informazioni generali

Corso di Dottorato

| | | |
|---|---|--------------------------|
| Il corso è: | Rinnovo | |
| Denominazione del corso | SCIENZE DELLA MATERIA, NANOTECNOLOGIE E SISTEMI COMPLESSI | |
| Cambio Titolatura? | SI | |
| Nuova denominazione del corso | SCIENZE DELLA MATERIA E DEI NANOMATERIALI | |
| Ciclo | 38 | |
| Data presunta di inizio del corso | 01/01/2023 | |
| Durata prevista | 3 ANNI | |
| Dipartimento/Struttura scientifica proponente | Scienze | |
| Numero massimo di posti per il quale si richiede l'accREDITamento ai sensi dell'art 5 comma 2, DM 226/2021 | 17 | |
| Dottorato che ha ricevuto accREDITamento a livello internazionale (Joint Doctoral Program): | NO | se altra tipologia: - |
| Il corso fa parte di una Scuola? | NO | |
| Presenza di eventuali curricula? | NO | |
| Link alla pagina web di ateneo del corso di dottorato | https://scienze.uniroma3.it/dottorato/2022/scienze-della-materia-nanotecnologie-e-sistemi-complessi-dott558/ | |

Descrizione del progetto formativo e obiettivi del corso

Descrizione del progetto:

Il dottorato di ricerca mira alla formazione interdisciplinare di giovani in grado di inserirsi nella grande area di ricerca delle nanoscienze e nanotecnologie, intese come lo studio e la manipolazione dei fenomeni chimico-fisici che hanno luogo sulla nano-scala (dimensioni comprese tra 1-100 nm) e la realizzazione di dispositivi e sistemi nanometrici. Questa area di ricerca rappresenta il punto d'incontro della fisica quantistica, della chimica supramolecolare, della scienza dei materiali e della biologia molecolare e ha importanti ricadute in molti campi strategici di ricerca sia fondamentale che applicata, quali la salute, la

sicurezza, l'energia e l'elettronica. Il corso è indirizzato a laureati in fisica, biologia, chimica e settori scientifici affini, con una forte motivazione alla ricerca di base e all'innovazione. I temi di ricerca nella scienza della materia, nanotecnologie e sistemi complessi sono un'area di forte interesse per la ricerca di base e le applicazioni innovative e rivoluzionarie in una vasta gamma di campi strategici: ambiente, microelettronica, tecnologie quantistiche, salute, beni culturali e nuovi campi che si apriranno. I nostri gruppi sono ben inseriti nel contesto internazionale e partecipano a grandi progetti italiani ed europei, inoltre collaboriamo con aziende che si occupano di innovazione.

L'attività didattica prevista comprende lezioni frontali, attività in laboratorio partecipazione a seminari e scuole tematiche. Il dottorando sarà coinvolto, fin dal primo anno, nelle attività dei gruppi di ricerca attivi nel dipartimento, impegnati in collaborazioni nazionali e internazionali. Gran parte delle attività didattiche (14 CFU su 20 CFU totali) sono svolte in collaborazione con il Dottorato di Scienza dei Materiali, il Dottorato in Fisica e il Dottorato in Chimica della Sapienza Università di Roma.

Obiettivi del corso:

Il dottorato forma una figura professionale che sappia affrontare i problemi legati ad una tematica in rapida evoluzione con salienti caratteristiche di ricerca di base ed innovazione tecnologica, con rigore metodologico e allo stesso tempo critico e flessibile. Al termine del percorso di studio e di ricerca il dottorando sarà in grado di:

- 1. svolgere autonomamente ricerca sia teorica che sperimentale;*
- 2. coniugare il lavoro di gruppo con la creatività personale;*
- 3. avere attitudine ad elaborare modelli per la spiegazione e la predizione dei fenomeni osservati.*

Il dottorato persegue il raggiungimento dei predetti obiettivi formativi sia mediante l'organizzazione e la finalizzazione dell'attività di studio dei dottorandi, sia mediante il loro inserimento, già a partire dal primo anno, in gruppi di ricerca attivi nel dipartimento e/o impegnati in collaborazioni nazionali e internazionali. Di particolare rilievo in questo contesto è l'inserimento del corso di dottorato in un Dipartimento multidisciplinare, al quale afferiscono biologi, geologi, chimici ed ingegneri. Il Dipartimento di Scienze dell'Università degli Studi Roma Tre è stato dichiarato Dipartimento di Eccellenza MIUR (articolo 1, commi 314-337, legge 232/2016).

Sbocchi occupazionali e professionali previsti

Lo sbocco lavorativo naturale del Dottore di Ricerca in Scienze della Materia e dei Nanomateriali è presso le università e/o negli enti pubblici o privati di ricerca, nazionali e internazionali; presso le grandi infrastrutture di ricerca (nazionali e internazionali); presso le industrie, italiane o straniere, impegnate in programmi di ricerca applicata e innovazione tecnologica. Anche se il corso di dottorato è di relativamente recente attivazione, vanta un buon record di ex-dottorandi attualmente impiegati a tempo indefinito come "Beam Scientist" presso grandi infrastrutture di ricerca (Elettra Trieste, Isis, ILL), o come "post-doc" presso prestigiosi enti di ricerca italiani e stranieri (CNR, Max Plank Institute). La possibilità di continuare le proprie ricerche subito dopo il conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca è ragionevolmente garantita da numerosi posizioni come assegnasti di ricerca o Ricercatori di tipo A grazie a progetti finanziati dall'Ateneo, dal Dipartimento di Scienze, dalla Regione Lazio o co-finanziati da Piccole e Medie Imprese (PMI) del territorio. Ad oggi (maggio 2022) non risultano dottorandi inattivi. Una banca dati con le informazioni occupazionali dei dottorati in Scienze della Materia e dei Nanomateriali è in fase di realizzazione.

Coerenza con gli obiettivi del PNRR

Sono state richieste e sono previste borse finanziate con fondi PNRR. In particolare le borse richieste riguardano i seguenti progetti di ricerca, coerenti con gli obiettivi del PNRR.

- 1. Controllo del profilo di emissione di sorgenti a singolo fotone per le tecnologie quantistiche (tematica PNRR: Transizioni digitali e ambientali).*

La persona coinvolta dovrà sviluppare e applicare tecniche di caratterizzazione del profilo di emissione di sorgenti di singoli fotoni. Questi parametri sono un aspetto critico per l'impiego di questa luce in sensori, calcolatori e sistemi crittografici che impiegano tecnologie quantistiche. Lo studente svilupperà tecniche di misura basate sull'interferometria quantistica nel laboratorio

di Ottica Quantistica di Roma Tre che saranno poi applicate a differenti piattaforme (fluorescenza parametrica, singoli emettitori). L'attività si inserisce nei temi del progetto FET-OPEN-RIA 'Stormytune'.

2. Le concrezioni sui materiali archeologici: un contributo all'autenticazione dei manufatti (tematica PNRR: Patrimonio Culturale).

Durante il processo di realizzazione di falsi archeologici di varia natura (manufatti metallici, ceramici, vetri etc.), i falsari dedicano un'attenzione particolare alla realizzazione delle concrezioni sulle superfici dei materiali in modo da poter simulare processi di invecchiamento naturale, di degradazione, trattamenti originali o materiale di scavo. Una selezione delle concrezioni su reperti originali conservati nel Museo Nazionale Romano e sui materiali pseudo archeologici presenti nel "Laboratorio del falso", DSU-Roma Tre verrà approfonditamente caratterizzata, mediante diverse tecniche analitiche chimico-fisiche a disposizione dell'Ateneo di Roma Tre e presso centri di ricerca nazionali e internazionali con cui collaboriamo, allo scopo di individuarne le peculiarità utili all'autenticazione dei manufatti.

Imprese

Impresa 1

| | |
|---|--|
| Nome dell'impresa* | <i>Prysmian Cavi e Sistemi Italia srl</i> |
| Ambito di attività dell'Istituzione e/o Descrizione attività R&S * | <p><i>Prysmian Cavi e Sistemi Italia srl, società parte del Gruppo Prysmian, opera nei business Energia e Telecomunicazioni. Quotata alla borsa di Milano nell'indice FTSE MIB, Prysmian è impegnata nella realizzazione di prodotti innovativi e progetti all'avanguardia in grado di generare utili a lungo termine, creando valore per gli azionisti e rafforzando la fiducia dei mercati nei confronti della società.</i></p> <p><i>La società opera nel business dei cavi e sistemi terrestri e sottomarini per la trasmissione e distribuzione di energia, cavi speciali per applicazioni in diversi comparti industriali e cavi di media e bassa tensione nell'ambito delle costruzioni e delle infrastrutture. Per le telecomunicazioni il Gruppo produce cavi e accessori per la trasmissione di voce, video e dati, con un'offerta completa di fibra ottica, cavi ottici e in rame e sistemi di connettività.</i></p> <p><i>Prysmian Group conferma l'ambizione ad essere tra i player tecnologici di riferimento nella transizione verso l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e verso una economia decarbonizzata. Il 48% di ricavi del Gruppo sono riconducibili a business e prodotti che contribuiscono alla economia low carbon. Con l'obiettivo di sostenere la prevista accelerazione nello sviluppo di nuove interconnessioni energetiche sottomarine e terrestri (principalmente interconnessioni e collegamenti di offshore wind farms) il Gruppo ha previsto investimenti per circa €450 milioni entro il 2022 (oltre il 50% del totale investimenti), destinati anche a migliorare ulteriormente la sostenibilità della propria organizzazione e supply chain.</i></p> <p><i>Prysmian Group annuncia anche una nuova e ambiziosa strategia climatica adottando obiettivi Science Based allineati ai requisiti dell'Accordo di Parigi e siglando la Business Ambition (1,5°) con obiettivo "Net Zero" previsto entro il 2035 per le emissioni generate dalle proprie attività (Scope 1 e 2) ed entro il 2050 per le emissioni della catena del valore (Scope 3). Tra le iniziative più rileva...</i></p> |

Impresa 2

| | |
|---|---|
| Nome dell'impresa* | <i>Superelectric</i> |
| Ambito di attività dell'Istituzione e/o Descrizione attività R&S * | <i>Superelectric è una società che opera da diversi anni nel mondo dell'industria e della ricerca applicata. Superelectric fornisce sistemi e servizi con elevato contenuto tecnologico, continuamente aggiornati attraverso la partecipazione a progetti di ricerca nazionali ed europei. Attraverso le sue divisioni Remote Sensing (http://www.remotesensing.it/) e 3IGEO (http://www.3igeo.com/) è in grado di fornire ai propri clienti e collaboratori un valido supporto alla risoluzione di problemi che riguardino i seguenti settori: Integrazione di sistemi, progettazione e realizzazione di strumenti di misura e controllo in ambito ambientale e di automazione industriale, Erogazione di servizi di progettazione e assistenza tecnica su impianti industriali, Sviluppo sistemi GIS, Sviluppo di strumentazione di monitoraggio aereo multi e iperspettrale, erogazione di servizi di monitoraggio da piattaforme aeree e UAV. La ricerca rappresenta per Superelectric la linfa vitale per la creazione di prodotti innovativi da trasferire sul mercato, sin dal 1989 a progetti di ricerca europei e nazionali. Tra questi i più recenti: SENSORi BIO degradabili per applicazioni in Agricoltura di Precisione (http://www.superelectric.it/sensobio.html), IPER3D: Procedure e sistemi per rilievi Iperspettrali 3D di Beni Culturali (http://www.superelectric.it/iper3d.html), MUSE, MULTIsensor-based SErVICES (http://www.superelectric.it/muse.html).</i> |

Impresa 3

| | |
|---|---|
| Nome dell'impresa* | <i>SALUBER ITALIA s.r.l.</i> |
| Sito Web e/o Indirizzo sede legale* | <i>https://www.saluberitalia.it/</i> |
| Ambito di attività dell'Istituzione e/o Descrizione attività R&S * | <i>SALUBER ITALIA s.r.l. è una start up che sviluppa soluzioni e tecnologie innovative per l'ambiente. L'azienda è da anni impegnata nella progettazione, costruzione e vendita di impianti modulari di trattamento delle acque reflue basati su tecnologie avanzate MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) e MBR (Membrane Biological Reactor). La ricerca tecnologica ha permesso di sviluppare impianti di trattamento delle acque innovativi e compatti applicabili a molteplici settori. SALUBER è riuscita a imporsi con le proprie tecnologie sul mercato Laziale (collaborazione con comuni, ACEA, AMA, ABC, gestori idrici, caserme, industrie, realtà pubbliche), nazionale e internazionale, anche grazie ad una continua innovazione con attenzione verso tutte quelle tecnologie in grado di ridurre gli impatti ambientali e nel contempo con l'obiettivo di promuovere modelli di produzione e consumo più sostenibili e "circolari", replicando il tutto anche sul territorio italiano oltre che estero, grazie alla capacità di fornire a realtà civili e industriali impianti di trattamento facilmente trasportabili, installabili e di facile manutenzione. SALUBER ITALIA s.r.l. è un'azienda giovane che si avvale però di tecnici di esperienza il cui principale obiettivo è la tutela delle risorse idriche e quindi del pianeta e di chi lo abita attraverso l'ottimizzazione del trattamento delle acque per rendere i processi competitivi ed ecologici. La ricerca tecnologica ha permesso di sviluppare impianti di potabilizzazione e depurazione delle acque reflue innovativi e compatti applicabili a molteplici settori. La scelta dei materiali utilizzati per la costruzione rende i prodotti sviluppati altamente duraturi, la compattezza facilita il trasporto e</i> |

l'installazione, riducendo sensibilmente i costi di produzione, di gestione e, aspetto non secondario, i consumi energetici

(*) campo obbligatorio

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 Proponente: | Dipartimento/ Struttura | Qualifica | Settore concorsuale | Area CUN |
|----------------|--------------|---------------------------|--------------------------------|---|----------------------------|-----------------|
| <i>BRUNI</i> | <i>Fabio</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Ordinario (L. 240/10)</i> | <i>02/D1</i> | <i>02</i> |

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

| n. | Cognome | Nome | Ateneo | Dipartimento/ Struttura | Qualifica | Settore concorsuale | Area CUN | SSD |
|-----------|-------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------------|---|----------------------------|-----------------|-------------------|
| 1. | <i>BARBIERI</i> | <i>Marco</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Ordinario (L. 240/10)</i> | <i>02/B1</i> | <i>02</i> | <i>FIS/03</i> |
| 2. | <i>BATTOCCHIO</i> | <i>Chiara</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Associato (L. 240/10)</i> | <i>03/B1</i> | <i>03</i> | <i>CHIM/03</i> |
| 3. | <i>BENEDETTO</i> | <i>Antonio</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Associato (L. 240/10)</i> | <i>02/B1</i> | <i>02</i> | <i>FIS/01</i> |
| 4. | <i>BOVE</i> | <i>Livia Eleonora</i> | <i>ROMA "La Sapienza"</i> | <i>Fisica</i> | <i>Professore Associato confermato</i> | <i>02/B1</i> | <i>02</i> | <i>FIS/03</i> |
| 5. | <i>BRUNI</i> | <i>Fabio</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Ordinario (L. 240/10)</i> | <i>02/D1</i> | <i>02</i> | <i>FIS/07</i> |
| 6. | <i>CAPELLINI</i> | <i>Giovanni</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Ordinario (L. 240/10)</i> | <i>02/B1</i> | <i>02</i> | <i>FIS/03</i> |
| 7. | <i>DE SETA</i> | <i>Monica</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Associato confermato</i> | <i>02/B1</i> | <i>02</i> | <i>FIS/03</i> |
| 8. | <i>DI GASPARE</i> | <i>Luciana</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Associato (L. 240/10)</i> | <i>02/B1</i> | <i>02</i> | <i>FIS/03</i> |
| 9. | <i>IUCCI</i> | <i>Giovanna</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Associato confermato</i> | <i>03/B1</i> | <i>03</i> | <i>CHIM/03</i> |
| 10. | <i>LECCESE</i> | <i>Fabio</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Associato (L. 240/10)</i> | <i>09/E4</i> | <i>09</i> | <i>ING-INF/07</i> |
| 11. | <i>MENEGHINI</i> | <i>Carlo</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Ordinario (L. 240/10)</i> | <i>02/B1</i> | <i>02</i> | <i>FIS/01</i> |
| 12. | <i>OFFI</i> | <i>Francesco</i> | <i>ROMA TRE</i> | <i>Scienze</i> | <i>Professore Associato (L. 240/10)</i> | <i>02/B1</i> | <i>02</i> | <i>FIS/01</i> |
| 13. | <i>PETRILLO</i> | <i>Caterina</i> | <i>PERUGIA</i> | <i>FISICA E GEOLOGIA</i> | <i>Professore Ordinario</i> | <i>02/B1</i> | <i>02</i> | <i>FIS/01</i> |

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

| n . | Cogno me | Nom e | Codice fiscale | 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 . | AVALD I | Lorenzo | VLDLNZ57A15 D142B | Ente di ricerca (VQR) | Consiglio Nazionale delle Ricerche | Italia | Dirigenti di ricerca | FIS/03 | 02/B1 | 02 | 8706871700 | NO | |
| 2 . | VARVA RO | Gaspare | VRVGPR78R12 A662Y | Ente di ricerca (VQR) | Consiglio Nazionale delle Ricerche | Italia | Ricercatori | FIS/03 | 02/B1 | 02 | 8695715000 | NO | |

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 e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuale curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|---|--|---|--|-------------------------------------|-----------------|---------------------|
| 1 . | <i>Metodi sperimentali per la determinazione di struttura e proprietà elettroniche di sistemi aggregati di bassa dimensionalità</i> | 48 | <i>primo anno</i> | <i>Introduzione alle spettroscopie di fotoemissione, Aspetti sperimentali Teoria della fotoemissione, rilassamento, core level shift, Splitting spin-orbita, Multipletti, Shake-up, off Spettroscopia Auger e fotoemissione risonante HAXPES: spettroscopia di fotoemissione ad alta energia</i> | | <i>SI</i> | <i>obbligatorio</i> |

| n . | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuali e curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|---------------------------------|--|---|--|---------------------------------------|-----------------|------|
| | | | | <p><i>Introduzione alla spettroscopia di fotoemissione risolta in tempo</i> <i>Fotoemissione risolta in angolo, determinazione e della struttura a bande, strutture esemplari 1D e 2D</i> <i>Superfici e sistemi a bassa dimensione, fotoemissione da livelli atomici profondi</i> <i>Fotoemissione risonante, sezione d'urto</i> <i>Introduzione alla radiazione di sincrotrone, fotoemissione con luce di sincrotrone, ondulatori</i> <i>Introduzione alle nuove sorgenti FEL (laser ad elettroni liberi)</i> <i>Spettroscopia di assorbimento di raggi X (EXAFS e XANES):</i> <i>fondamenti e applicazioni</i> <i>Dicroismo magnetico circolare di raggi X</i> <i>Scattering elastico,</i></p> | | | |

| n . | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuali e curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|----------------------------------|--|---|--|---------------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| | | | | <i>anelastico e magnetico di raggi X</i> | | | |
| 2 . | <i>Formazione in microscopia</i> | 24 | <i>primo anno</i> | <i>Cenni storici di microscopia, concetto di risoluzione ed il limite di Rayleigh, panoramica sulle tecniche di microscopia ed utilizzo nei diversi ambiti di ricerca. Fondamenti di microscopia ottica, microscopia in riflessione, metallografia, microscopia in trasmissione, l'uso della luce polarizzata. Principi di funzionamento della microscopia elettronica, SEM, TEM, EDX. Utilizzo del SEM: rilevazione di elettroni secondari e retrodiffusi, cattura e analisi morfometriche delle immagini. Preparativa SEM per materiale biologico. Preparativa SEM nella scienza dei materiali. Principi di funzionamento e componenti</i> | | SI | <i>a scelta del dottorando</i> |

| n . | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuali e curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|---------------------------------|--|---|--|---------------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| | | | | <p><i>di un microscopio a scansione di sonda, la microscopia a forza atomica in contatto, la microscopia a forza atomica in non-contatto. Tecniche a scansione secondarie. Risoluzione ed artefatti. Introduzione all'analisi di immagine 2D e 3D, miglioramento della qualità delle immagini con e senza l'utilizzo di kernel, segmentazione, binarizzazione e analisi quantitativa di immagine con software open-access.</i></p> | | | |
| 3 . | <i>Nanomateriali inorganici</i> | 24 | <i>primo anno</i> | <p><i>L'obiettivo principale del corso e quello di descrivere e comprendere come le caratteristiche e le proprietà (fisiche, morfologiche e strutturali) di alcuni materiali cambiano quando la loro dimensione viene ridotta fino all'ordine dei nanometri.</i></p> | | SI | <i>a scelta del dottorando</i> |

| n . | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuali e curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|---------------------------------|--|---|--|---------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| | | | | <p><i>Verranno descritti metodi di sintesi, produzione e caratterizzazione di nanomateriali. Verranno illustrate le loro applicazioni emergenti. Al termine del corso lo studente avrà acquisito le competenze necessarie per la comprensione del comportamento di materiali di bassa dimensionalità e avrà un panorama generale sui metodi di sintesi e caratterizzazione e sulla ricerca attiva nel campo dei nanomateriali.</i></p> | | | |
| 4 . | <p><i>Misure Avanzate</i></p> | 24 | <p><i>primo anno</i></p> | <p><i>Il corso ha lo scopo di presentare ai discenti una serie di esperienze maturate in ambito industriale (sia nella produzione che nella ricerca) nelle quali si fa uso di strumentazione</i></p> | | SI | <p><i>a scelta del dottorando</i></p> |

| n . | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuali e curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|---------------------------------|--|---|--|---------------------------------------|-----------------|------|
| | | | | <p><i>e avanzata di misura e di metodologie che coprono settori di conoscenze applicative difficilmente rintracciabili nella preparazione universitaria. Il corso mira a completare la formazione dello studente offrendo prospettive generalmente non coperte dai corsi standard. L'approccio del corso, seguendo le differenti problematiche inerenti le fasi del tipico ciclo di vita di un prodotto, è fortemente pratico: le lezioni tipicamente prevedranno una descrizione della problematica riscontrata in fase operativa, la presentazione della strumentazione e che si sarebbe voluta usare per risolverla e l'esperienza, con uso della strumentazione e in aula, per</i></p> | | | |

| n . | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuale curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|---|--|---|---|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| | | | | <p><i>la sua risoluzione. Anche laddove le lezioni fossero più teoriche, con presentazioni più astratte di problematiche reali legate alle gestioni industriali, si mostrerà sempre come è sorta la problematica pratica all'interno del framework di lavoro e si mostreranno le metodologie, gli strumenti hardware e software, e le procedure che sono usate per la loro risoluzione.</i></p> | | | |
| 5 . | <p><i>Scattering di neutroni per lo studio della materia condensata</i></p> | 24 | <p><i>primo anno</i></p> | <p><i>Scopo del corso è la comprensione dei principi di base della tecnica di diffusione di neutroni e delle sue molteplici applicazioni allo studio della struttura e dinamica della materia condensata. Si metteranno in evidenza le specificità e i vantaggi della diffrazione e spettroscopia neutronica rispetto alla</i></p> | | SI | <p><i>a scelta del dottorando</i></p> |

| n . | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuale curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|---------------------------------|--|---|--|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| | | | | <p><i>diffusione di luce di sincrotrone e alle spettroscopie ottiche per lo studio di materiali contenenti elementi leggeri e idrogeno. La parte finale del corso si focalizzerà quindi su esempi di esperimenti di diffusione neutronica su nano-materiali per l'energia e per lo stoccaggio di idrogeno (clatrati, pile a Li) e sistemi biologici (proteine e membrane cellulari). Saranno inoltre considerate in dettaglio alcune tecniche di neutroni (QENS, NSE), e come accedere al tempo macchina presso le large scale facility di neutroni.</i></p> | | | |
| 6 . | Teoria del funzionale densità | 24 | primo anno | <p><i>Obiettivi: Apprendimento delle basi dei metodi di simulazione da principi primi e semplici</i></p> | | SI | a scelta del dottorando |

| n . | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuale curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|---------------------------------|--|---|---|-------------------------------------|-----------------|------|
| | | | | <p><i>applicazioni. Introduzione alla Teoria del Funzionale Densità, fondamenti: Equazione Schrödinger a molti corpi; teoremi fondativi della teoria del Funzionale Densità; equazioni di Kohn-Sham; potenziale di scambio e correlazione: approssimazioni di densità locale. Introduzione alla DFT, implementazione: cella unitaria; supercella; funzioni di base localizzate e onde piane; pseudopotenziali; sistemi cristallini periodici: strutture atomiche (visualizzazione), calcolo dell'energia totale, dell'energia di coesione; test di convergenza numerica. Muovere gli atomi, forze atomiche; teorema di Hellmann-Feymann; derivate dell'energia;</i></p> | | | |

| n . | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuale curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|---------------------------------|--|---|---|-------------------------------------|-----------------|------|
| | | | | <p>ottimizzazione strutture; dinamica molecolare; configurazione di minimo dell'energia per difetto in semiconduttori e (e/o per un atomo su superficie); barriere energetiche. DFT e struttura elettronica: autovalori Kohn-Sham e bande elettroniche. Impostare e condurre una simulazione DFT, attività guidata. Scelta da definire con studenti, in base a interesse personale e fattibilità. Alcune possibilità: ottimizzazione di geometria (sistema cristallino periodico e/o molecola); stress, proprietà elastiche di un solido; bande elettroniche di alcune classi di materiali (Al, Si, grafene) o determinazione e di livelli energetici di molecole; calcolo di proprietà</p> | | | |

| n | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuali e curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|---|---|--|---|---|---------------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| | | | | <i>vibrazionali; magnetismo in metalli semplici (Fe, Ni, Co).</i> | | | |
| 7 | <i>Materiali avanzati e tecniche di caratterizzazione</i> | 48 | <i>primo anno</i> | <i>Introduzione ai materiali avanzati: molecole, clusters e nanoparticelle; materiali magnetici nanostrutturati; semiconduttori a banda larga per conversione di energia solare e rilevazione di radiazioni ionizzanti; microscopia STM: principio di funzionamento e strumentazione; isolanti topologici: un'introduzione sperimentale; grafene e relativi materiali 2D: basi, caratterizzazioni e applicazioni; materiali funzionali organici e ibridi per optoelettronica. Introduzione alla scienza delle superfici; superfici ed interfacce: proprietà e</i> | | SI | <i>a scelta del dottorando</i> |

| n . | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuali e curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|---------------------------------|--|---|--|---------------------------------------|-----------------|------|
| | | | | <p><i>metodiche (chimiche e fisiche) di modifica superficiale; tecniche di indagine di superfici; analisi a fascio ionico: trasferimento di energia tramite collisioni atomiche; frammentazione ionica; strumentazione: acceleratori di ioni, selezione e raggruppamento di ioni, rivelatori di ioni secondari. Studio di interfacce attraverso esperimenti di bombardamento ionico a doppio fascio. Analisi dati multivariata applicata a spettri di massa, mappe ioniche e dati di profilazione di profondità (PCA, PLS, MAF, analisi gerarchica, analisi di k-means); Introduzione alla spettroscopia vibrazionale; Spettroscopia FTIR e microscopia FTIR in modalità ATR</i></p> | | | |

| n | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuali e curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|---|-------------------------------------|--|---|--|---------------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| | | | | <i>(riflettanza totale attenuata) per lo studio di superfici.</i> | | | |
| 8 | <i>Advanced quantum information</i> | 24 | <i>primo anno</i> | <i>L'informazione quantistica, nata dall'unione dell'informazione classica con la fisica quantistica, ha tra i suoi principali obiettivi la comprensione di come si manifestano gli aspetti quantistici nell'informazione e la realizzazione di protocolli con dispositivi il cui funzionamento è descritto da leggi quantistiche. In questo ambito, i circuiti ottici integrati sono una piattaforma di grandissimo rilievo per il trattamento di dati quantistici con sistemi ottici. Questo corso si propone di offrire una panoramica avanzata sull'informazione quantistica, con una speciale attenzione alla</i> | | <i>SI</i> | <i>a scelta del dottorando</i> |

| n . | Denominazione dell'insegnamento | Numero di ore totali sull'intero ciclo | Distribuzione e durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo) | Descrizione del corso | Eventuale curriculum di riferimento | Verifica finale | Note |
|-----|---------------------------------|--|---|--|-------------------------------------|-----------------|---------------------|
| | | | | <i>simulazione di sistemi quantistici per mezzo di altri sistemi quantistici, illustrandone gli aspetti teorici e sperimentali.</i> | | | |
| 9 . | <i>Journal Club</i> | <i>24</i> | <i>primo anno</i> | <i>Il corso ha come scopo quello di fornire al dottorando le necessarie competenze per esporre in maniera chiara e intellegibile un argomento scientifico davanti ad una platea di non esperti. Le competenze sono di tipo linguistico, organizzativo, logico, grafico...e sono messe a punto e sperimentate attraverso esercizi di respirazione, preparazione di seminari e materiale audiovisivo, valutazione del lavoro altrui.</i> | | <i>SI</i> | <i>obbligatorio</i> |

Riepilogo automatico insegnamenti previsti nell'iter formativo

Totale ore medie annue: 88 (valore ottenuto dalla somma del Numero di ore totali sull'intero ciclo di tutti gli insegnamenti diviso la durata del corso)

Numero insegnamenti: 9

Di cui è prevista verifica finale: 9

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) |
|----|--|--|
| 1. | <i>Seminari</i> | <i>Seminari di Dipartimento di Scienze e della Sezione NanoScienze. La partecipazione dei Dottorandi a questi seminari è obbligatoria. I seminari rappresentano una importante occasione di incontro, funzionale ed indispensabile in un dipartimento multidisciplinare .</i> |
| 2. | <i>Attività di laboratorio</i> | <i>Richiesta per il progetto di ricerca, a partire dal secondo anno di dottorato. Durante il periodo trascorso in laboratorio, il dottorando acquisisce le necessarie competenze per condurre un progetto di ricerca. Il risultato è una tesi che riporti lo scope della ricerca, le metodologie adottate, e i risultati ottenuti.</i> |
| 3. | <i>Attività presso Infrastrutture di ricerca</i> | <i>Richieste per alcuni progetti di ricerca, vengono di solito svolte presso le infrastrutture di ricerca nazionali e internazionali come le sorgenti di raggi X, neutroni, e luce di sincrotrone. Il Dipartimento di Scienze vanta una decennale storia di contatti e collaborazioni con le principali infrastrutture di ricerca (Elettra Trieste, RAL, ISIS, ILL, sincrotrone Soleil).</i> |
| 4. | <i>Perfezionamento linguistico</i> | <i>L'Ateneo ha un Centro Linguistico (CLA) che offre corsi sia di base, che di perfezionamento in diverse lingue. Oltre a questi, sono somministrato anche corsi di Academic Writing. I corsi sono proposti sia ai dottorandi italiani e a quelli esteri.</i> |

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) | <i>SI</i> | <i>mesi 6</i> | | |
| Soggiorni di ricerca (ESTERO nell'ambito delle istituzioni coinvolte) | <i>SI</i> | <i>mesi 6</i> | | |
| Soggiorni di ricerca (ESTERO - al di fuori delle istituzioni coinvolte) | <i>SI</i> | <i>mesi 6</i> | | |

6. Strutture operative e scientifiche

| Tipologia | Descrizione sintetica (max 500 caratteri per ogni descrizione) |
|------------------------------------|---|
| Attrezzature e/o Laboratori | <i>Il dottorato accede alle principali tecniche spettroscopiche fotoniche e neutroniche che permettono la caratterizzazione su scala atomica di</i> |

| Tipologia | | Descrizione sintetica (max 500 caratteri per ogni descrizione) |
|----------------------------|--|---|
| | | <i>materia soffice e soluzioni acquose di interesse biologico, di superfici e di materiali per l'elettronica, sia attraverso la strumentazione disponibile in house, che presso le Facilities Internazionali di luce di sincrotrone e neutroni.</i> |
| Patrimonio librario | consistenza in volumi e copertura delle tematiche del corso | <i>Biblioteca di Area, Biblioteca di Ateneo, Accesso a cataloghi on-line di riviste e materiale librario</i> |
| | abbonamenti a riviste (numero, annate possedute, copertura della tematiche del corso) | <i>Tramite Sistema Bibliotecario di Ateneo</i> |
| E-resources | Banche dati (accesso al contenuto di insiemi di riviste e/o collane editoriali) | <i>Tramite Sistema Bibliotecario di Ateneo</i> |
| | Software specificatamente attinenti ai settori di ricerca previsti | <i>Centro calcolo dipartimentale</i> |
| | Spazi e risorse per i dottorandi e per il calcolo elettronico | <i>I dottorandi usufruiranno di tutte le facilities sperimentali e di calcolo disponibili presso i gruppi di ricerca. Inoltre avranno a disposizione una postazione di studio, in una sala riservata ai dottorandi.</i> |
| Altro | | |

7. Requisiti e modalità di ammissione

Tutte le lauree magistrali:

SI, Tutte

Attività dei dottorandi

| | | |
|---|-----------|-------------------------|
| È previsto che i dottorandi possano svolgere attività di tutorato | <i>SI</i> | |
| È previsto che i dottorandi possano svolgere attività di didattica integrativa | <i>SI</i> | <i>Ore previste: 50</i> |
| E' previsto che i dottorandi svolgano attività di terza missione? | <i>SI</i> | <i>Ore previste: 30</i> |