

**Denominazione corso di dottorato: SCIENZA DEI MATERIALI E NANOTECNOLOGIE**

## 1. Informazioni generali

### Corso di Dottorato

Il corso è:	Riaccreditamento
Denominazione del corso	SCIENZA DEI MATERIALI E NANOTECNOLOGIE
Cambio Titolatura?	NO
Nuova denominazione del corso	SCIENZA DEI MATERIALI E NANOTECNOLOGIE
Ciclo	41
Data presunta di inizio del corso	31/10/2025
Durata prevista	3 ANNI
Dipartimento/Struttura scientifica proponente	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"
Numero massimo di posti per il quale si richiede l'accREDITamento ai sensi dell'art 5 comma 2, DM 226/2021	20
Dottorato che ha ricevuto accreditamento a livello internazionale (Joint Doctoral Program):	NO
Presenza di eventuali curricula?	NO
LINK alla pagina web di ateneo del corso di dottorato	<a href="https://www.dfa.unict.it/dottorati/dottorato-in-scienza-dei-materiali-e-nanotecnologie">https://www.dfa.unict.it/dottorati/dottorato-in-scienza-dei-materiali-e-nanotecnologie</a>

## Descrizione del progetto formativo e obiettivi del corso

### Descrizione del progetto:

Solide competenze nella Scienza dei Materiali e nelle Nanotecnologie sono fondamentali per affrontare molte sfide globali attuali come la transizione energetica, il cambiamento climatico, la sostenibilità ambientale e industriale, la sicurezza alimentare e idrica, la medicina personalizzata, che rappresentano snodi vitali in settori del progresso tecnologico che riguardano l'energia, la salute, la comunicazione, l'acqua e l'industria.

L'Università di Catania offre un Dottorato in Scienza dei Materiali e Nanotecnologie peculiare in quanto nasce dalla convergenza di interessi scientifici di diversi attori chiave operanti nel territorio catanese, come dipartimenti universitari (DFA, DSC, DICAR), enti di ricerca nazionali (CNR, INFN, INAF) e grandi aziende internazionali (ST, EGP, ENI). Questa sinergia preziosa permette ai dottorandi del corso di acquisire competenze all'avanguardia nella progettazione, sintesi e caratterizzazione di materiali innovativi e nanostrutturati, con applicazioni che spaziano dalla microelettronica alle energie rinnovabili, dall'aerospazio alla comunicazione innovativa, alla medicina personalizzata, all'elettronica flessibile e alla sensoristica ambientale. Gli studenti hanno tipicamente accesso a laboratori di ricerca di livello internazionale, possono elaborare prototipi in linea pilota industriali, partecipare a progetti di ricerca europei e internazionali, a collaborazioni con enti di ricerca e aziende leader a livello globale. La vocazione internazionale del corso favorisce una visione globale e promuove una rete di contatti internazionali che rappresenta per lo studente un patrimonio immateriale di grande rilevanza per il posizionamento professionale futuro.

Il Dottorato in Scienza dei Materiali e Nanotecnologie offre un percorso formativo d'eccellenza, multidisciplinare e internazionale, che apre le porte a carriere di alto profilo nella ricerca accademica e industriale e nell'imprenditoria tecnologica, come dimostrato da diversi dottori di ricerca formati a questo corso che oggi ricoprono ruoli importanti in accademie, aziende e agenzie governative nazionali ed estere.

## Obiettivi del corso:

Il corso di dottorato ha l'obiettivo di fornire ai dottorandi una formazione avanzata, solida e interdisciplinare nell'ambito della Scienza dei Materiali e delle Nanotecnologie, ponendo particolare enfasi sulle applicazioni ad alto contenuto tecnologico, rilevanti sia per la ricerca accademica di frontiera che per l'innovazione industriale. Il programma intende formare ricercatori capaci di operare in contesti altamente competitivi e internazionali, in grado di affrontare con metodo scientifico rigoroso le sfide emergenti nel campo dei materiali avanzati.

Oltre alle competenze tecnico-scientifiche, il corso mira a sviluppare nei dottorandi un pensiero critico, creativo e autonomo, nonché abilità trasversali fondamentali per la carriera del ricercatore, quali la capacità di comunicazione scientifica - sia specialistica che divulgativa - e le competenze progettuali necessarie alla scrittura di proposte di finanziamento nazionali ed europee.

Il corso si configura come una scuola di alta formazione e specializzazione scientifica, con una missione strategica anche sul piano territoriale: contribuire alla crescita scientifica, tecnologica e socio-economica del Mezzogiorno attraverso la promozione di reti collaborative tra università, enti di ricerca e imprese, con particolare attenzione alla capacità di attrarre fondi competitivi, in particolare quelli europei, destinati alla ricerca avanzata.

Inoltre, il dottorato è parte attiva del network europeo PCAM - Physics and Chemistry of Advanced Materials, una rete di eccellenza che riunisce programmi di dottorato focalizzati sui diversi aspetti della fisica e della chimica dei materiali avanzati, offrendo così ai dottorandi l'opportunità di integrarsi in un contesto scientifico internazionale e multidisciplinare.

## Sbocchi occupazionali e professionali previsti

I dottori di ricerca in Scienza dei Materiali e Nanotecnologie sono professionisti flessibili, in grado di proporsi nei molteplici settori dell'industria e della ricerca di base in cui è essenziale l'impiego di materiali innovativi o l'ingegnerizzazione di materiali tradizionali. Il carattere trasversale ed interdisciplinare della loro formazione favorisce nuovi sbocchi occupazionali in settori strategici prioritari per l'Unione Europea ed il mercato globale. Offre quindi sbocchi professionali nell'ambito della ricerca (sia pubblica che privata) e nello sviluppo in ogni parte della produzione industriale, sia in Italia che all'estero, con particolare riferimento ad industrie con elevato contenuto tecnologico.

Inoltre, lo sviluppo di capacità individuali relative al "project management" e alla comunicazione scientifica, può dare agli studenti molti strumenti utili che possono aprire nuove opportunità di carriera dirigenziali in agenzie governative nazionali ed internazionali, come esperti in marketing per la comunicazione scientifica legata alla realizzazione di nuovi prodotti ed applicazioni o come manager nell'editoria scientifiche.

A titolo meramente esemplificativo, i Dottori di Ricerca in Scienza dei Materiale e Nanotecnologie hanno opportunità occupazionali presso:

- il settore della microelettronica, dell'optoelettronica, dell'ottica e della sensoristica
- il campo delle energie rinnovabili con particolare riferimento al settore fotovoltaico
- i settori relativi alle tecnologie per il monitoraggio e la salvaguardia dell'ambiente
- il settore dei biomateriali e delle biotecnologie
- i settori ad alta tecnologia gemmate dalla ricerca universitaria (Spin-Off da Ricerca)

E' testimonianza di ciò la quantità rilevante di borse di studio che il Corso di dottorato propone tramite il diretto finanziamento proveniente da industrie locali/nazionali/multinazionali (ST-Microelectronics, ENEL, ENI, etc.) ed enti pubblici (Regione Sicilia, MIUR), che si aggiungono a quelle finanziate dall'Università di Catania su fondi propri.

## Sede amministrativa

<b>Ateneo Proponente:</b>	Università degli Studi di CATANIA
<b>N° di borse finanziate</b>	9
<b>Sede Didattica</b>	Catania

## Tipo di organizzazione

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

## 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
MIRABELLA	Salvatore	Università degli Studi di CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	Professore Ordinario (L. 240/10)	02/B1	02	9739628500	

### Curriculum del coordinatore

### 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.	BRUNO	Elena	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/B1	02	FIS/03	Ha aderito	22984296600	
2.	COMPAGNINI	Giuseppe Romano	CATANIA	Scienze Chimiche	COMPONENTE	Professore Ordinario (L. 240/10)	03/A2	03	CHIM/02	Ha aderito	7006744572	
3.	CONDORELLI	Guglielmo Guido	CATANIA	Scienze Chimiche	COMPONENTE	Professore Ordinario (L. 240/10)	03/B1	03	CHIM/03	Ha aderito	7005775853	
4.	CONSIGLIO	Giuseppe	CATANIA	Scienze Chimiche	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	03/B2	03	CHIM/07	Ha aderito	35567151300	
5.	D'URSO	Luisa	CATANIA	Scienze Chimiche	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	03/A2	03	CHIM/02	Ha aderito	6601913947	

6.	FIorenza	Roberto	CATANIA	Scienze Chimiche	COMPONENTE	Ricamatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b L. 240/10)	03/C2	03	CHIM/04	Ha aderito	57210161985	
7.	GRIMALDI	Maria Grazia	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	COMPONENTE	Professore Ordinario	02/B1	02	FIS/01	Ha aderito	35601219500	
8.	GUELI	Anna Maria	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	COMPONENTE	Professore Ordinario (L. 240/10)	02/D1	02	FIS/07	Ha aderito	57195213965	
9.	LO FARO	Maria Jose' Irene	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	COMPONENTE	Ricamatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b L. 240/10)	02/B1	02	FIS/03	Ha aderito	56974037400	
10.	MALANDRINO	Graziella	CATANIA	Scienze Chimiche	COMPONENTE	Professore Ordinario	03/B1	03	CHIM/03	Ha aderito	7003415633	
11.	MINEO	Placido Giuseppe	CATANIA	Scienze Chimiche	COMPONENTE	Professore Ordinario (L. 240/10)	03/C2	03	CHIM/04	Ha aderito	6701736093	
12.	MIRABELLA	Salvatore	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	Coordinatore	Professore Ordinario (L. 240/10)	02/B1	02	FIS/03	Ha aderito	9739628500	
13.	MUSUMECI	Paolo	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/D1	02	FIS/07	Ha aderito	55922323500	
14.	PELLEGRINO	Anna Lucia	CATANIA	Scienze Chimiche	COMPONENTE	Ricamatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b L. 240/10)	03/B1	03	CHIM/03	Ha aderito	57194203790	
15.	PELLEGRINO	Francesco Maria Dimitri	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/B2	02	FIS/03	Ha aderito	56441138400	
16.	POLLICINO	Antonino Giovanni	CATANIA	Ingegneria civile e architettura (DICAR)	COMPONENTE	Professore Ordinario	09/D1	09	ING-IND/22	Ha aderito	7004375402	
17.	PRIOLO	Francesco	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	COMPONENTE	Professore Ordinario	02/B1	02	FIS/03	Ha aderito	56227869300	
18.	REITANO	Riccardo	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/B1	02	FIS/03	Ha aderito	56275153600	
19.	SPADARO	Maria Chiara	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	COMPONENTE	Ricamatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b L. 240/10)	02/B1	02	FIS/01	Ha aderito	56029420000	
20.	TERRASI	Antonio	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	COMPONENTE	Professore Ordinario (L. 240/10)	02/B1	02	FIS/01	Ha aderito	55910151000	
21.	TORRISI	Felice	CATANIA	Fisica ed Astronomia "Ettore Majorana"	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/B1	02	FIS/03	Ha aderito	57548648500	
22.	TUCCITTO	Nunzio	CATANIA	Scienze Chimiche	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	03/A2	03	CHIM/02	Ha aderito	6506240842	

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

n.	Cognome	Nome	Ruolo	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.	ARBOL	Jordi	Componente	Ente di ricerca estero	ICN2 - ICREA	Spagna	Dirigenti di ricerca	FIS/03	02/B1	02	865329580	SI	
2.	BARCIKOWSKI	Stephan	Componente	Università straniera	UNIVERSITY OF DUISBURG-ESSEN	Germania	Professore di Univ. Straniera	ING-IND/22	09/D1	09	56219696600	SI	
3.	CAMPAGNA ZIGNANI	Sabrina	Componente	Ente di ricerca (VQR)	Consiglio Nazionale delle Ricerche	Brasile	Ricercatori	CHIM/06	03/C1	03	24170482000	SI	

4.	STRANO	Vincenzina	Componente	Ente di ricerca (VQR)	Consiglio Nazionale delle Ricerche	Italia	Ricercatori	FIS/03	02/B1	02	55073760500	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)
1.	ARBIOL Jordi		2013	Articolo in rivista	Self-assembled quantum dots in a nanowire system for quantum photonics	Nature Materials	1476-4660			DOI.ORG/10.1038/NMAT3557	
2.	ARBIOL Jordi		2017	Articolo in rivista	Ultrathin High Surface Area Nickel Boride (Ni <sub>3</sub> B) Nanosheets as Highly Efficient Electrocatalyst for Oxygen Evolution	Advanced Energy Materials	1614-6840				
3.	ARBIOL Jordi		2020	Articolo in rivista	Engineering grain boundaries at the 2D limit for the hydrogen evolution reaction	Nature Communications	2041-1723			DOI.ORG/10.1038/S41467-019-13631-2	
4.	ARBIOL Jordi		2016	Articolo in rivista	High-performance thermoelectric nanocomposites from nanocrystal building blocks	Nature Communications	2041-1723				
5.	BARCIKOWSKI Stephan		2013	Articolo in rivista	Dynamics of silver nanoparticle formation and agglomeration inside the cavitation bubble after pulsed laser ablation in liquid	Physical Chemistry Chemical Physics	1463-9076				
6.	BARCIKOWSKI Stephan		2010	Articolo in rivista	Gram scale synthesis of pure ceramic nanoparticles by laser ablation in liquid	Journal of Physical Chemistry C	1932-7455				
7.	BARCIKOWSKI Stephan		2017	Articolo in rivista	Laser Synthesis and Processing of Colloids: Fundamentals and Applications	Chemical Reviews	1520-6890				
8.	CAMPAGNA ZIGNANI Sabrina		2020	Articolo in rivista	Assessment of the FAA3-50 polymer electrolyte in combination with a NiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> anode catalyst for anion exchange membrane water electrolysis	International Journal of Hydrogen Energy	0360-3199				
9.	STRANO Vincenzina		2014	Articolo in rivista	Double role of HMTA in ZnO nanorods grown by chemical bath deposition	Journal of Physical Chemistry C	1932-7455			10.1021/JP507496A	
10.			2016	Articolo in rivista	Synthesis of formamide and isocyanic acid after ion irradiation of frozen gas mixtures	Astronomy and Astrophysics	0004-6361				

### 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 20-24 a gruppi di ricerca finanziati su bandi competitivi	Riferimento specifico al progetto (Dati identificativi del progetto e descrizione)	Ricezione nel periodo 20-24 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)
1.	IUCOLANO	FERDINANDO	ST Microelectronics	Italia	imprese	GaN Technology and Product Senior Director	02	23088812700
2.	FOTI	MARINA	3SUN	Italia	imprese	R&D Manager	02	36903244700

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

**IUCOLANO FERDINANDO Componente 1**

**a) Qualificazione scientifica:**

° Eventuale possesso del titolo di Dottore di ricerca

SI

° Eventuali pubblicazioni scientifiche inerenti alle tematiche del Dottorato (inserire elenco e metadati fino a max 5 pubblicazioni)

n.	Autore	Eventuali altri autori	Anno di pubblicazione	Tipologia pubblicazione	Titolo	Titolo rivista o volume	ISSN (formato: XXXX-XXXX)	ISBN	ISMN	DOI
1.	IUCOLANO FERDINANDO		2018	Articolo in rivista	Emerging trends in wide band gap semiconductors (SiC and GaN) technology for power devices	Microelectronic Engineering				
2.	IUCOLANO FERDINANDO		2019	Articolo in rivista	GaN-on-Si HEMTs for wireless base stations	Materials Science in Semiconductor Processing				

° **Eventuali brevetti ottenuti (estremi della concessione brevetto)**

n.	Autore/i	Titolo	Descrizione brevetto	N. brevetto	Anno concessione
----	----------	--------	----------------------	-------------	------------------

° **Eventuali esperienze di tutorato in dottorati di ricerca (indicare corso di dottorato e titolo della tesi del dottorando)**

n.	Titolo corso di dottorato	Titolo della tesi del dottorando
----	---------------------------	----------------------------------

**b) Qualificazione professionale:**

° **Inserire descrizione in relazione al ruolo di responsabilità ricoperto e al contributo professionale al dibattito almeno a livello nazionale nell'ambito del settore di ricerca di interesse del dottorato**

---

## Componente 2 FOTI MARINA

**a) Qualificazione scientifica:**

° **Eventuale possesso del titolo di Dottore di ricerca**

° **Eventuali pubblicazioni scientifiche inerenti alle tematiche del Dottorato (inserire elenco e metadati fino a max 5 pubblicazioni)**

n.	Autore	Eventuali altri autori	Anno di pubblicazione	Tipologia pubblicazione	Titolo	Titolo rivista o volume	ISSN (formato: XXXX-XXXX)	ISBN	ISMN	DOI
1.	FOTI MARINA		2020	Articolo in rivista	Highly efficient solar hydrogen production through the use of bifacial photovoltaics and membrane electrolysis	Journal of Power Sources				
2.	FOTI MARINA		2022	Articolo in rivista	The effects of module temperature on the energy yield of bifacial photovoltaics: Data and model	Energies				

° **Eventuali brevetti ottenuti (estremi della concessione brevetto)**

n.	Autore/i	Titolo	Descrizione brevetto	N. brevetto	Anno concessione
----	----------	--------	----------------------	-------------	------------------

° **Eventuali esperienze di tutorato in dottorati di ricerca (indicare corso di dottorato e titolo della tesi del dottorando)**

n.	Titolo corso di dottorato	Titolo della tesi del dottorando
----	---------------------------	----------------------------------

---

## b) Qualificazione professionale:

° Inserire descrizione in relazione al ruolo di responsabilità ricoperto e al contributo professionale al dibattito almeno a livello nazionale nell'ambito del settore di ricerca di interesse del dottorato

## 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.	Electrochemical methods applied to nanomaterials	12	primo anno secondo anno	Basic Electrochemistry - Electrochemical cells, Nernst equations - Standard potentials, Reference electrodes - Kinetics and energetics of electrode reactions - Butler-Volmer equations - EC methods: CA, LCCV, CV, SWV - Electrochemical impedance spectroscopy, Randles circuit model Solid-liquid interface at nanoscale - Metal-electrolyte interface (equilibrium and non-equilibrium processes) - Semiconductor-electrolyte interface: Gerischer model (energy band scheme) - Mott-Shottky methods - Hydrogen and Oxygen evolution reactions - Energy storage: batteries and capacitors - Pulsed electrodeposition - Quantum electrochemistry Laboratory experience - Water splitting cell - Supercapacitors - Electrodeposition			SI	Corso opzionale che lo studente può scegliere in base al suo progetto scientifico, nell'ambito delle 72 ore previste.
2.	Machine Learning Tools per la Scienza dei Materiali: Dati, Modelli e Applicazioni	12	primo anno secondo anno	Il corso introduce i principali strumenti del machine learning applicabili alla ricerca in scienza dei materiali e nanotecnologie. Con un taglio pratico e accessibile, verranno presentati algoritmi supervisionati e tecniche di analisi automatica dei dati, con esempi tratti da casi reali: previsione delle proprietà di materiali complessi, regressione non lineare, classificazione, e analisi automatica di immagini. Il corso prevede esempi in Python per acquisire familiarità con l'intero processo: preprocessing dei dati, scelta e addestramento dei modelli, interpretazione dei risultati. Saranno inoltre proposti studi			SI	Corso opzionale che lo studente può scegliere in base al suo progetto scientifico, nell'ambito delle 72 ore previste.

				guidati su dataset reali per simulare pipeline di apprendimento automatico applicate alla ricerca.				
3.	Chemical and physical methodologies for nanosystems	18	primo anno secondo anno	Overview of surface and thin films characterization methods. ° X-ray photoelectron spectroscopy (XPS): o Basic principles o Instrumentation o Experimental setup o Data interpretation o Applications in material science and nanotechnologies ° Auger electron spectroscopy o Basic principles o Instrumentation o Experimental setup o Applications in material science and nanotechnologies ° Time-of-flight Secondary Ion Mass Spectrometry (ToF-SIMS): o Basic principles o Instrumentation o Experimental setup and operational mode (surface SIMS, depth profiling, imaging) o Data interpretation o Applications in material science and nanotechnologies o ToF-SIMS laboratory: surface analysis, depth profiling, imaging, data treatment.			SI	Corso opzionale che lo studente può scegliere in base al suo progetto scientifico, nell'ambito delle 72 ore previste.
4.	Advanced Functional Materials for Emerging Technologies	6	primo anno secondo anno	This short course provides an in-depth exploration of advanced functional materials with applications in energy conversion, environmental remediation, and biomedicine. It bridges fundamental principles of material design with frontier applications such as electrocatalysis and photocatalysis. A central focus lies in understanding the structure-function relationships governing materials' performance in complex environments. Topics include micro/nanoscale systems such as metal/semiconductor and semiconductor/semiconductor heterostructures, as well as cutting-edge platforms like single-atom catalysts (SACs) and hybrid organic-inorganic materials. The course highlights current synthesis approaches, with a focus on low-cost and scalable methods, emphasizing control of morphology, interface, and active sites. The students will be briefly introduced to various characterization techniques, from electron microscopy to spectroscopic methods and electrochemical analyses, for elucidating material properties at the nano- and atomic scale. These tools will be contextualized within applications such as solar-driven water splitting, photocatalytic degradation of water contaminants, and photodynamic therapy. Emerging applications are highlighted through case studies, including self-propelled micro/nanorobots, offering programmable motion and multifunctional activity for use in water pollutant removal and drug delivery. The course concludes with a demonstration-based session in the laboratory.			SI	Corso opzionale che lo studente può scegliere in base al suo progetto scientifico, nell'ambito delle 72 ore previste.

5.	Structural, morphological and compositional characterization of materials	12	primo anno secondo anno	X-ray diffraction (XRD) technique for the identification of phases and structural study of inorganic materials: optics basis, principle of the technique, and data-processing for the extrapolation of lattice parameters and grain sizes as case study. - Scanning electron microscopy (SEM) for morphological characterization of inorganic materials: general principles, elastic and inelastic events, detection of secondary and backscattered electrons, examples of analyses in nanomaterials science. - Energy dispersion X-ray microanalysis (EDX) for the compositional characterization: principles of the technique, qualitative and quantitative analysis (ZAF method), map and scan-line analyses via EDX. - Elements of Wavelength Dispersive X-ray (WDX) microanalysis.			SI	Corso opzionale che lo studente può scegliere in base al suo progetto scientifico, nell'ambito delle 72 ore previste.
6.	Tecniche SPM	12	primo anno secondo anno	1) Scanning Probe Microscopies: the local probe approach, basic principles, operation modes, experimental set-up, design and instrumentations, historical overview and role in nanotechnology 2) Scanning Probe Microscopies typologies: scanning tunneling microscopy, atomic force microscopy, conductive atomic force microscopy, magnetic force microscopy, Kelvin probe microscopy. 3) Images acquisition and analysis with scanning probe microscopies: images acquisition, images manipulation, artifacts, images analysis. 4) Applications of scanning probe microscopies to the analysis of nanostructured metallic, insulating, semiconducting surfaces. 5) Nanofabrication using scanning probe microscopy: atomic scale manipulation of matter, local anodic oxidation, nanolithography.			SI	Corso opzionale che lo studente può scegliere in base al suo progetto scientifico, nell'ambito delle 72 ore previste.
7.	Pathways to a Sustainable and Circular Materials Development	12	primo anno secondo anno	The lecture series aims to familiarize participants with different concepts and approaches to include sustainability and circularity of future materials as an additional materials property into the material development already in an early stage. Lecture units: - Materials Demand - Materials Criticality - Life Cycle Assessment - Recycling of Ceramics: The Case of Oxygen Transport Membranes - Plastic Waste Conversion			SI	Corso opzionale che lo studente può scegliere in base al suo progetto scientifico, nell'ambito delle 72 ore previste.
8.	Transmission Electron Microscopy and related	18	primo anno secondo anno	The electron microscope (Basic design of the electron microscope / Electron sources / Magnetic lenses (properties and their			SI	Corso opzionale che lo studente

	techniques			<p>aberrations) / Illumination of the specimen: transmission and/or scanning electron microscopy / Sample thinning techniques: mechanical polishing, ion milling, focused ion beam)</p> <p>Electron diffraction (Scattering of electrons from atoms and perfect crystals: the reciprocal lattice, reflecting sphere construction, Laue zones, effects due to structure factor, diffraction from various crystal shapes / Extinction distance)</p> <p>Kinematical theory of image contrast (Dark-field and bright-field imaging)</p> <p>Electron energy loss spectroscopy and energy filtered imaging (The electron energy loss spectrum / Energy-analyzing instrumentations / Excitation of Outer-Shell Electrons / Volume plasmons / Inner-Shell excitations)</p> <p>Scanning transmission electron microscopy (Probe formation and aberration / Bright-field and annular dark-field imaging / Coherent and incoherent imaging / Z-contrast / Atomic resolved X-ray energy dispersion and/or electron energy loss spectroscopy / differential phase contrast /applications)</p> <p>In situ and operando microscopy and spectroscopy (experiments in real conditions: biasing, in gas environment, in liquid / applications)</p> <p>Modelling and image simulation (image interpretation, linear STEM approximation, Multislice, applications)</p>			<p>può scegliere in base al suo progetto scientifico, nell'ambito delle 72 ore previste.</p>
9.	Electron Beam Lithography and nanofabrication	12	<p>primo anno secondo anno</p>	<p>The course will cover both theoretical and practical aspects of electron beam lithography (EBL). Lessons will focus on the principles and fundamentals of the technique, while hands-on experimental sessions will be conducted directly on Raith lithography systems at the CNR-IMM facilities.</p> <p>EBL is a high-resolution, maskless lithographic technique used to transfer permanent nanoscale patterns onto a substrate. Typical substrates include SiO<sub>2</sub>, Si, SiC, Ge, GaN, and others.</p> <p>The course will also introduce layout design and fabrication strategies, taking into account the specific challenges and limitations of various applications. Topics will include: basic concepts of lithography, the structure of the electron beam system (electron gun, column, vacuum system, deflection apparatus), layout definition, multilevel alignment, and more.</p> <p>In addition, an advanced lithography topic will be addressed, focusing on the proximity effect and</p>		SI	<p>Corso opzionale che lo studente può scegliere in base al suo progetto scientifico, nell'ambito delle 72 ore previste.</p>

				electron-material interactions, with the aid of the simulation software "CASINO." The final evaluation will consist of a discussion on selected topics covered during the course.				
10.	Methods and procedures on polymer synthesis	12	primo anno secondo anno	The course aims to describe the theoretical and practical aspects of polymer synthesis. Through classroom and laboratory lessons, the students will approach the standard procedures used in polymer synthesis. The chain radical and ionic polymerizations performed by using mono and multiphase processes, will be explored. In addition, approaches for step-growth polymerizations will be explored. Finally, several aspects of structural and chemical-physical characterization of the polymers will be faced.			SI	Corso opzionale che lo studente può scegliere in base al suo progetto scientifico, nell'ambito delle 72 ore previste.
11.	Scientific publications: writing, peer review and ethical aspects	18	primo anno secondo anno	The course aims to cover all main aspects related to scientific publications spanning paper writing, detail of the peer-reviews process and ethical aspects. 1) Paper writing: basic principles of all sections of a scientific paper, including figures and schemes. How to write an original scientific paper. How to write a review paper. The best way to present original results. The best way to assemble already published results. 2) Illustration of all type of the peer-review procedures and their importance: single blind, double blind, open peer review. 3) ethical issues: duties of editors, of authors and referees.			SI	Corso opzionale che lo studente può scegliere in base al suo progetto scientifico, nell'ambito delle 72 ore previste.

Riepilogo automatico insegnamenti previsti nell'iter formativo

**Totale ore medie annue:** 48 (valore ottenuto dalla somma del Numero di ore totali sull'intero ciclo di tutti gli insegnamenti diviso la durata del corso)

Numero insegnamenti: 11

Di cui è prevista verifica finale: 11

**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.	Perfezionamento linguistico	La conoscenza della lingua inglese è un requisito d'accesso al dottorato. Per migliorare il grado di conoscenza dell'inglese i dottorandi sono incoraggiati a seguire i corsi di linguistica organizzati dall'Ateneo presso il proprio Centro Linguistico, dove sono organizzati specifici corsi per dottorandi. Sono annualmente organizzati dal dottorato ulteriori corsi di approfondimento per la scrittura di articoli scientifici e la comunicazione scientifica in inglese. Il perfezionamento linguistico avverrà anche attraverso l'interazione scientifica e culturale con ricercatori appartenenti ad istituzioni estere che frequentemente visitano i laboratori dei gruppi di ricerca che fanno capo ad componenti del Collegio dei Docenti. Le previste trasferte all'estero per congressi, convegni, workshop e per periodi più lunghi di formazione incrementeranno il bagaglio linguistico dei dottorandi.	
2.	Perfezionamento informatico	La tipologia delle lauree richieste per l'accesso a questo dottorato è tale da garantire una preparazione di base d'informatica sufficiente a utilizzare gli strumenti necessari allo svolgimento	

		delle attività di ricerca. Il Dipartimento di Matematica ed Informatica dell'Ateneo mette a disposizione corsi di approfondimento su tematiche specifiche che vengono concordate con i Tutor degli studenti. Tutti i gruppi di ricerca all'interno dei quali avverrà la formazione dei dottorandi sono equipaggiati con risorse informatiche per il trattamento dei dati sperimentali e le simulazioni in diversi campi della scienza dei materiali.	
3.	Valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca	L'Università di Catania organizza corsi aperti ai dottorandi e corsi specificamente a loro dedicati relativi alla valorizzazione della ricerca, della proprietà intellettuale ed alla redazione e valutazione di pubblicazioni scientifiche nei processi di "peer review". Gli studenti di dottorato sono incoraggiati a seguire questi corsi di approfondimento generali ed altri specifici per le tematiche del dottorato, organizzati annualmente dal Collegio con il supporto di docenti italiani e stranieri. Il continuo contatto con realtà industriali consente ai dottorandi di comprendere a fondo tutte le questioni legate alla proprietà intellettuale, alla disseminazione dei risultati in campo accademico e extra-accademico e la definizione di 'open access' inserita nel contesto editoriale scientifico.	
4.	Seminari	I dottorandi hanno l'obbligo di seguire cicli seminariali su temi specifici, tenuti da studiosi invitati dai membri del Collegio e pubblicizzati attraverso le pagine del sito appositamente predisposto. I corsi consentiranno anche ai dottorandi di avere una visione ampia sulle tematiche relative alla scienza dei materiali ed alla nanotecnologia, che vada al di là del ristretto ambito del loro progetto di ricerca. I seminari saranno anche occasione di discussione all'interno del comparto studentesco e tra dottorandi e relatori. Corsi e seminari sono tenuti frequentemente in lingua inglese.	
5.	Attività presso Infrastrutture di ricerca	Il corso di dottorato è inquadrato nella pluridecennale convergenza di interessi tra ricerca di base ed applicazioni industriali presente in atto tra l'Università di Catania, il CNR, l'INFN ed imprese nazionali ed internazionali operanti nel territorio tra le quali la ST-Microelectronics e società dei gruppi ENEL ed ENI. Questa sinergia rende possibile l'accesso dei dottorandi a laboratori ad alto contenuto tecnologico per la realizzazione ed il test di nuovi materiali e prototipi. Il Tutor di ciascun dottorando farà da garante per l'ottenimento di una coerente omogeneizzazione delle attività svolte presso le infrastrutture di ricerca con quelle relative all'esperienza accademica.	

## 5. Posti, borse e budget per la ricerca

### Posti, borse e budget per la ricerca

	Descrizione	Posti	
<b>A - Posti banditi</b>	1. Posti banditi con borsa	N. 9	
	2. Posti coperti da assegni di ricerca		
	3. Posti coperti da contratti di apprendistato		
	<b>Sub totale posti finanziati (A1+A2+A3)</b>	<b>N. 9</b>	
	4. Eventuali posti senza borsa	N. 1	
<b>B - Posti con borsa riservati a laureati in università estere</b>			
<b>C - Posti riservati a borsisti di Stati esteri</b>			
<b>D - Posti riservati a borsisti in specifici programmi di mobilità internazionale</b>			
<b>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)</b>			
<b>F - Posti senza borsa riservati a laureati in Università estere</b>			
<b>(G) TOTALE = A + B + C + D + E + F</b>		<b>N. 10</b>	
<b>(H) DI CUI CON BORSA = TOTALE - A4 - F</b>		<b>N. 9</b>	
<b>Importo di ogni posto con borsa</b> (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	€438.561
<b>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</b> (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	€48.729
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): 6,00		
	(3) Euro: 4.060,75	Totale Euro: (3)x(G-D)	€40.607,5
<b>BUDGET complessivo del corso di dottorato</b>			<b>€ 527.897,5</b>

(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)	170.597,70	25.48	FONDI DI ATENEO
Fondi MUR	0,00	0	
Fondi di altri Ministeri o altri soggetti pubblici/privati	498.986,42	74.52	-€143.320,92 AVVISO 15/2024, SECONDA FINESTRA, A.A. 2025/2026 -€355.665,50 CNR-IMM
Fondi da bandi competitivi a livello nazionale o internazionale	0,00	0	
Finanziamenti degli altri soggetti che partecipano alla convenzione/consorzio (nel caso di dottorati in forma associata)	0,00	0	
Altro	0,00	0	
<b>Totale</b>	669584.12		

### 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)	NO			
Soggiorni di ricerca (ESTERO - al di fuori delle istituzioni coinvolte)	SI	mesi 6		

## Note

### 6. Strutture operative e scientifiche

#### Strutture operative e scientifiche

Tipologia	Â Â	Descrizione sintetica (max 500 caratteri per ogni descrizione)
Attrezzature e/o Laboratori		Crescita materiali: Laboratori chimici di sintesi, magnetron sputtering, MBE, CVD, evaporatori, impiantatore ionico, sorgente raggi X, laser di potenza (ns), litografia ottica, nanoimprinting, forni, RTA. Caratterizzazione: singletron da 3.5 MV, SEM, TEM, Difrattometri X, SAXS, SIMS a tempo di volo, AFM, XPS, foto ed elettroluminescenza risolta in tempo, misure elettriche, termogravimetria e calorimetria, voltammetria/potenzimetro, spettrofotometri UV-vis-IR, microRaman, Mossbauer.
Patrimonio librario	consistenza in volumi e copertura delle tematiche del corso	I dottorandi hanno accesso alla biblioteca dell'Ateneo di Catania, con abbonamenti alle più prestigiose riviste dei settori scientifici di interesse. La presenza del CNR tra i finanziatori esterni al dottorato garantisce l'accesso ad ulteriori risorse tramite l'utilizzo della biblioteca del CNR nazionale.
	abbonamenti a riviste (numero, annate possedute, copertura della tematiche del corso)	Solo a titolo d'esempio si citano alcune delle collezioni presenti in Ateneo: Riviste della American Physical Society Riviste della Royal Society of Chemistry Riviste della American Institute of Physics Riviste del gruppo Elsevier Riviste del gruppo Nature Riviste e monografie del gruppo Wiley Riviste e monografie del gruppo Springer Per il catalogo completo visitare <a href="http://www.sida.unict.it/content/periodici-elettronici">http://www.sida.unict.it/content/periodici-elettronici</a>
E-resources	Banche dati (accesso al contenuto di sistemi di riviste e/o collane editoriali)	Cambridge structural database, Nist Chemistry webBook, Selected thermodynamic data handbook, Integrated spectral data base system for organic compounds, Matweb, Powder Diffraction file computer database, Ieee xplora, Qpat, Reaxys, Web of Science, SCOPUS.
	Software specificatamente attinenti ai settori di ricerca previsti	Alcuni software necessari all'attività di ricerca nel settore sono disponibili gratuitamente per tutti gli studenti dell'Ateneo tramite accordi di licenza. Alcuni esempi: Matlab - Simulink, Wolfram - Mathematica, STATA. Altri sono a disposizione dei vari gruppi di ricerca.
	Spazi e risorse per i dottorandi e per il calcolo elettronico	Le strutture che ospitano i dottorandi sono dotate di spazi dedicati ed hanno risorse distribuite e centralizzate per il calcolo elettronico. In particolare, il dip. di Fisica e Astronomia offre numerose stanze dottorandi arredate con scrivanie, sedie, armadietti con chiave disponibili esclusivamente per i dottorandi che operano presso il dip. di Fisica e Astronomia. Analogamente per il dip. di Scienze Chimiche sono in programma alcune stanze dottorandi parimenti equipaggiate.
Altro		

## Note

### 7. Requisiti e modalità di ammissione

#### Requisiti richiesti per l'ammissione

Tutte le lauree magistrali?

SI, Tutte

se non tutte, indicare quali:

LM-17 Fisica  
LM-22 Ingegneria chimica  
LM-27 Ingegneria delle telecomunicazioni  
LM-28 Ingegneria elettrica  
LM-29 Ingegneria elettronica  
LM-53 Scienza e ingegneria dei materiali  
LM-54 Scienze chimiche

Altri requisiti per studenti stranieri:

Eventuali note

## Modalità di ammissione

Modalità di ammissione

- Titoli
- Prova orale
- Lingua
- 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?	NO	

## Note

Chiusura proposta e trasmissione: *[da sistema]*