



DIPARTIMENTO DI SCIENZE
MATEMATICHE E INFORMATICHE,
SCIENZE FISICHE E SCIENZE DELLA TERRA
DOTTORATO DI RICERCA IN FISICA

Attività didattica programmata prevista

XLII ciclo

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	Note
1	Fundamental interactions and applications to high energy physics and cosmology	30	Primo anno	The purpose of the course will be to illustrate the main principles for the building of particle physics models like the Standard Model of Particle Physics and some of its relevant extensions. The course will subsequently illustrate the main predictions of such models both at high energy experiments as collider and fixed target experiments as well as test of particle theories in the Early Universe, with special focus on strongly interacting theories, Dark Matter production and baryogenesis	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
2	Investigation of reactions on nuclei and nucleons	30	Primo anno	The course will address the experimental and theoretical aspects of nuclear and sub nuclear reactions induced on nuclei and nucleons by electromagnetic or hadronic probes.	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
3	Topics in the physics of many-body systems	30	Primo anno	Fundamentals of soft-matter physics: Colloidal suspensions. Polymer systems. Advanced materials. Amphiphilic systems: membranes, micelles, vesicles, and surfactants. Interaction between polymers and membranes. Complex liquid systems: Liquid mixtures. Polar liquids. Hydrogen-bond liquids. Many-boson systems: Quantum-classical mapping. Coherent-state path integral for bosons. Bose-Hubbard model. Numerical simulation of liquids: Monte Carlo simulations. Molecular-dynamics	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate



				simulations. Integral equation theories for atomic and molecular fluids.	
4	Atomic physics and quantum optics with superconducting circuits	30	Primo anno	Foundations of Circuit Quantization: Flux and charge quantization. The Quantum LC Oscillator: Quantization of circuit variables. Josephson Junction and Superconducting Qubits (Artificial Atoms): Charge qubit, Flux qubit, Transmon qubit. Applications: circuit-QED, Quantum computers.	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
5	Light scattering by micro and nano-particles: theory and applications	30	Primo anno	The theory of electromagnetic scattering will be introduced using the multipole field formalism and the Transition Matrix (T-matrix) method with a focus on light scattering by non-spherical micro and nano-particles, including aggregated structures. The analytical framework will be presented together with computational methods commonly used in scattering problems. In the second part of the course, several applications will be discussed in the fields of plasmonics and optical trapping. Finally, the course will address the study and characterization of cosmic dust through light scattering.	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
6	Surfaces, interfaces, and defect physics in nanostructured thin films	30	Primo anno	The course focuses on the study of the physics of surfaces, interfaces, and defects in functional thin films, analyzing the relationship between growth processes, microstructure, and the electronic, optical, and transport properties of advanced materials. The main mechanisms of thin-film nucleation and growth, the physics of heterointerfaces and surface states, as well as the role of defects in charge transport and device behavior, will be discussed. Particular attention	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate



				will be devoted to experimental techniques for the structural, electronic, and morphological characterization of nanostructured materials. The objective is to provide students with an integrated understanding of the correlations between growth, structure, and functional properties in materials for advanced electronic and photonic applications	
7	Failure physics and reliability of advanced energy conversion devices	30	Primo anno	The course introduces the physical and technological principles governing the reliability of advanced systems for energy conversion and storage, with particular emphasis on solar cells, batteries, and power electronics. Degradation mechanisms in materials and devices will be analyzed, including thermal, electro-chemical, mechanical, and electronic phenomena that limit performance and operational lifetime. The program also addresses stability issues in photovoltaic devices, battery aging and safety, and the reliability of electronic converters for energy applications. Experimental characterization techniques, diagnostic monitoring, and predictive failure modeling will also be presented	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
8	Bridging Experiments and Simulations in Modern Biophysics	30	Primo anno	This course focuses on advanced topics in biophysics by integrating advanced characterization techniques and molecular dynamics simulations across multiple time and length scales. Current open problems serve as a framework for critically comparing methods. Selected frontier topics—including amyloid aggregation, membrane organization and liquid-liquid phase separation (LLPS), hydration dynamics, extracellular vesicles (EVs)	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate



				transport and signaling, and calcium signaling in astrocytes—are presented as case studies	
9	Physics for Life Sciences, Environmental Studies, and Cultural Heritage	30	Primo anno	The course aims to provide an educational and training overview of the most recent and innovative scientific research activities concerning the development and application of theoretical and experimental physical methodologies across various fields of life sciences, environmental studies, and cultural heritage. Particular attention will be devoted to applications in medical, biological, biophysical, biotechnological and pharmaceutical contexts, as well as in the agricultural/food sector, environmental protection, and the conservation of cultural heritage. Selected case studies of particular relevance will also be presented and discussed by qualified professionals from public and private institutions, within the framework of established collaborations.	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
10	Introduction to the Physics of Complex Systems	30	Primo anno	Non-Equilibrium Statistical Mechanics and Memory Functions. Complex Systems Modelling. Stochastic Processes and Resonance Phenomena.	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
11	Laser and particle beam interactions with matter and advanced carbon-based materials	30	Primo anno	The first part of this course (18 h) aims to provide students with a solid understanding of the fundamental physical processes and applications involved in laser-matter interaction and the use of ion beams from accelerators for material modification and characterization. The offer covers both the underlying physics and cutting-edge applications such as laser-driven ion sources, laser ablation for material processing, inertial confinement fusion, the use of polymeric and porous materials	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate



				as laser targets, alongside traditional accelerator-based ion beam techniques. The course will enable students to explore material modification, nanostructure synthesis, advanced characterization, and high-energy applications relevant to both research and technological innovation. The second part (12 h) will describe the state-of-the-art research activity on advanced carbon-based materials which are being studied due to their extraordinary chemical and physical properties. Once synthesized, they are characterized using various spectroscopic techniques and engineered.	
12	Advances in Geophysics: Methods and Algorithms	30	Primo anno	The course provides an integrated overview of modern methodologies employed in geophysical research, with particular emphasis on quantitative and computational approaches. Algorithms for the processing and interpretation of geophysical data will be introduced, with applications to seismology and the analysis of complex signals. A portion of the course will be devoted to machine learning techniques applied to the analysis, classification, and inversion of seismic data. The main techniques of satellite-based geophysical monitoring will also be presented, with reference to InSAR and GNSS observations, as well as multi-sensor remote sensing. The program will include elements of physical oceanography and solid Earth geophysics. Finally, methodologies for multiparametric geophysical monitoring will be illustrated	Sono previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate



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

n.	Tipo di Attività	Descrizione dell'attività
1.	Seminari	L'offerta formativa del corso di Dottorato in Fisica prevede l'organizzazione di seminari di approfondimento su tematiche di ricerca all'avanguardia. Essi saranno tenuti da docenti/ricercatori anche di altre università ed enti di ricerca nazionali ed internazionali, al fine di consolidare le già esistenti collaborazioni scientifiche, stimolare nuove collaborazioni e tenere aggiornati i dottorandi sulle attività di ricerca di maggiore interesse. Si prevede altresì di organizzare seminari specialistici su tematiche di interesse comune tra il corso di dottorato e le imprese in convenzione tenuti da esperti di alta qualificazione professionale appartenenti alle aziende stesse.
2.	Attività di laboratorio	Durante il percorso dottorale sono previste attività di laboratorio e di ricerca presso le strutture presenti all'interno del Dipartimento MIFT di afferenza del Corso di Dottorato, che permetteranno ai discenti di realizzare una ricerca all'avanguardia sulle tematiche di maggiore interesse finalizzate alla stesura della tesi.
3.	Attività presso Infrastrutture di ricerca	Grazie alle sinergiche e consolidate collaborazioni scientifiche tra i docenti/ricercatori del Collegio e gli enti di ricerca e università internazionali, saranno attivati periodi di stage anche all'estero presso le infrastrutture di ricerca presenti sul territorio nazionale ed internazionale.
4.	Perfezionamento linguistico	Si prevedono attività formative di lingua inglese finalizzate innanzitutto a facilitare la stesura della tesi finale in inglese e ad incentivare le molteplici collaborazioni scientifiche internazionali peculiari del percorso di dottorato. Tali abilità linguistiche inoltre favoriranno l'esposizione dei risultati della ricerca sia in forma orale (congressi/scuole internazionali) che scritta (stesura di eventuali progetti di ricerca internazionali e prodotti della ricerca). Vale la pena sottolineare che l'Università degli Studi di Messina ha messo a disposizione gratuitamente per tutti gli utenti UniME Rosetta Stone, un software di apprendimento linguistico in modalità e-learning.
5	Perfezionamento informatico	Si prevedono attività formative di potenziamento informatico presso il nostro Ateneo, che consentano l'acquisizione di capacità avanzate di programmazione ed analisi dati. Si prevedono altresì attività formative finalizzate all'acquisizione di abilità nell'utilizzo di linguaggi di scrittura come il sistema LATEX per la preparazione di testi scientifici. Il Corso di Dottorato predisporrà altresì seminari specifici su utilizzo dell'intelligenza artificiale nell'attività di ricerca in fisica.
6	Gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali	Le attività formative finalizzate alla conoscenza delle modalità di gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali darà al dottorando l'opportunità di svolgere soggiorni



DIPARTIMENTO DI SCIENZE
MATEMATICHE E INFORMATICHE,
SCIENZE FISICHE E SCIENZE DELLA TERRA
DOTTORATO DI RICERCA IN FISICA

		di formazione e di ricerca in Italia e all'estero presso altre istituzioni universitarie e di ricerca. Nei percorsi specifici di dottorato a caratterizzazione industriale, gli studenti di dottorato svilupperanno le proprie ricerche in parte presso le sedi delle imprese partner. Verranno altresì predisposti seminari di approfondimento concernenti la cooperazione europea e internazionale nelle attività di ricerca e nei sistemi di finanziamento. Verranno trattati temi di particolare interesse, quali l'etica della ricerca scientifica e il reperimento di fondi di ricerca.
7	Valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca	Il Corso di Dottorato predisporrà giornate di incontro tra dottorandi e figure professionali provenienti da centri di ricerca scientifica e/o parchi tecnologici che si occupano di ricerca e innovazione. Saranno inoltre organizzati seminari che avranno come argomento la proprietà intellettuale e i brevetti allo scopo di fornire una formazione di base sul diritto dei brevetti europei e internazionali.
8	Principi fondamentali di etica, uguaglianza di genere e integrità	Il Corso di Dottorato di Ricerca in Fisica in tutte le sue attività s'impegna a valorizzare la diversità di genere e a garantire pari opportunità tra uomini e donne, adottando adeguate misure e interventi di prevenzione delle discriminazioni. Vengono individuati e promossi i valori e i principi ritenuti essenziali nel perseguimento delle attività formative del percorso dottorale al fine di realizzare un elevato livello di responsabilità da parte di tutti i discenti e i componenti il Collegio dei docenti, assumendo, in particolare, quale base portante del proprio agire i valori dell'assoluto rispetto della dignità della persona umana; del riconoscimento dei diritti inviolabili e dell'adempimento dei doveri inderogabili di solidarietà; dell'uguaglianza tra quanti operano in seno alla comunità universitaria, senza distinzione alcuna in base alla natura dell'attività svolta, al sesso o all'orientamento sessuale, alla razza, alla religione, alle condizioni personali e sociali o a qualsivoglia altro titolo; della salvaguardia delle minoranze di ogni genere (religiose, politiche, linguistiche o di qualsivoglia altra natura).