



**CORSO DI LAUREA IN "PHYSICS" CLASSE LM-17**  
**DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

**Insegnamenti 1° anno di corso (A.A. 2022/2023) - Curriculum Condensed Matter Physics**

<b>Esame</b>	<b>Insegnamento</b>	<b>SSD</b>	<b>TAF*</b>	<b>Tipologia CFU</b>	<b>CFU</b>	<b>Ore</b>	<b>SEM</b>
1	Advanced Quantum Physics	FIS/02	B	LEZ (3)- ESE (3)	6	54	I
1	Data Analysis	FIS/01	B	LEZ (2)- LAB (4)	6	60	I
1	Statistical Physics	FIS/03	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	I
	Further Language Skills	L-LIN/12	E		4	48	I
1	Quantum Field Theory	FIS/02	C	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	II
1	Laboratory	FIS/01	B	LEZ (2)- LAB (4)	6	60	II
1	Solid State Physics	FIS/03	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	II
1	Quantum Optics and Technologies	FIS/03	B	LEZ (3)- ESE (3)	6	54	II
<b>7</b>		<b>TOT CFU 1° anno</b>			<b>46</b>		



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
 DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

**Insegnamenti 2° anno di corso - A.A. 2023/2024 - Curriculum Condensed Matter Physics**

Esame	Insegnamento	SSD	TAF*	Tipologia CFU	CFU	Ore	SEM
1	Material Physics Laboratory	FIS/01	B	LEZ (4)- LAB (2)	6	48	I
1	Nanophysics and Nanotechnology	FIS/03	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	I
1	Micro-opto Electronic Devices	FIS/01	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	I
1	Computational Physics	FIS/03	B	LEZ (4)- LAB (2)	6	48	I
1	Spintronics	ING-IND/31	C	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	I
	Applied Mathematics	MAT/07					
	Advanced Chemistry	CHIM/03					
	Attività a scelta libera		D		8		II
	Master Thesis		E		30		II
	Final Exam		E		6		II
5		<b>TOT CFU 2° anno</b>			<b>74</b>		



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

**Insegnamenti 1° anno di corso (A.A. 2022/2023) - Curriculum Fisica Applicata**

<b>Esame</b>	<b>Insegnamento</b>	<b>SSD</b>	<b>TAF*</b>	<b>Tipologia CFU</b>	<b>CFU</b>	<b>Ore</b>	<b>SEM</b>
1	Fisica Quantistica	FIS/02	B	LEZ (3)- ESE (3)	6	54	I
1	Fondamenti di Fisica Biomedica e Sanitaria	FIS/07	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	I
1	Laboratorio di Misure	FIS/01	B	LEZ (2)- LAB (4)	6	60	I
	Ulteriori Conoscenze Linguistiche	L-LIN/12	E		4	48	I
1	Teoria Quantistica dei Campi	FIS/02	C	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	II
1	Analisi e Modelli di Segnali Biomedici	FIS/03	B	LEZ (2)- ESE (4)	6	60	II
1	Biofisica	FIS/01	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	II
1	Teoria e Simulazione della Materia soffice	FIS/03	B	LEZ (2)- LAB (4)	6	60	II
<b>7</b>		<b>TOT CFU 1° anno</b>			<b>46</b>		



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

**Insegnamenti 2° anno di corso - A.A. 2023/2024 - Curriculum Fisica Applicata**

Esame	Insegnamento	SSD	TAF*	Tipologia CFU	CFU	Ore	SEM
1	Laboratorio di Fisica Applicata	FIS/07	B	LEZ (4)- LAB (2)	6	48	I
1	Misure Fisiche nella Radioprotezione Ambientale e Sanitaria	FIS/07	B	LEZ (4)- LAB (2)	6	48	I
1	Fisica degli Acceleratori e loro Applicazioni	FIS/04	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	I
1	Biomateriali	FIS/03	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	I
1	Interazione di Radiazione con la Materia, Plasmi e Tecniche Diagnostiche	FIS/01	C	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	I
	Modelli Matematici per i Sistemi Biologici	MAT/07					
	Chimica Avanzata	CHIM/03					
	Attività a scelta libera		D		8		II
	Master Thesis		E		30		II
	Final Exam		E		6		II
<b>5</b>		<b>TOT CFU 2° anno</b>			<b>74</b>		



**CORSO DI LAUREA IN "PHYSICS" CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

**Insegnamenti 1° anno di corso (A.A. 2022/2023) - Curriculum Fisica Nucleare e Particellare**

<b>Esame</b>	<b>Insegnamento</b>	<b>SSD</b>	<b>TAF*</b>	<b>Tipologia CFU</b>	<b>CFU</b>	<b>Ore</b>	<b>SEM</b>
1	Fisica Quantistica	FIS/02	B	LEZ (3)- ESE (3)	6	54	I
1	Analisi Dati	FIS/01	B	LEZ (2)- LAB (4)	6	60	I
1	Laboratorio di Misure	FIS/01	B	LEZ (2)- LAB (4)	6	60	I
	Ulteriori Conoscenze Linguistiche	L-LIN/12	E		4	48	I
1	Teoria Quantistica dei Campi	FIS/02	C	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	II
1	Teoria delle Reazioni Nucleari	FIS/04	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	II
1	Fisica Nucleare e Particellare	FIS/04	B	LEZ (3)- ESE (3)	6	54	II
1	Cinematica Relativistica	FIS/04	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	II
<b>7</b>		<b>TOT CFU 1° anno</b>			<b>46</b>		



**CORSO DI LAUREA IN "PHYSICS" CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

**Insegnamenti 2° anno di corso - A.A. 2023/2024 - Curriculum Fisica Nucleare e Particellare**

Esame	Insegnamento	SSD	TAF*	Tipologia CFU	CFU	Ore	SEM
1	Laboratorio di Fisica Nucleare e Particellare	FIS/04	B	LEZ (2)- LAB (4)	6	60	I
1	Misure Fisiche nella Radioprotezione Ambientale e Sanitaria	FIS/07	B	LEZ (4)- LAB (2)	6	48	I
1	Fisica degli Acceleratori e loro Applicazioni	FIS/04	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	I
1	Interazione di Radiazione con la Materia, Plasmi e Tecniche Diagnostiche	FIS/01	B	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	I
1	Micro-Opto Electronic Devices	FIS/01	C	LEZ (4)- ESE (2)	6	48	I
	Matematica Applicata	MAT/07					
	Attività a scelta libera		D		8		II
	Master Thesis		E		30		II
	Final Exam		E		6		II
<b>5</b>		<b>TOT CFU 2° anno</b>			<b>74</b>		

(\*) A: Attività formativa di base; B: Attività formativa caratterizzante; C: Attività formativa affine o integrativa; D: Attività a scelta; E: Prova finale; F: Ulteriori attività formative - Stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali



**CORSO DI LAUREA IN "PHYSICS" CLASSE LM-17**  
**DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	CHIMICA AVANZATA	ADVANCED CHEMISTRY
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p><b>Obiettivi formativi:</b>            Fornire conoscenze sulla comprensione e l'analisi dei materiali al fine di comprendere la stretta correlazione tra la loro struttura interna e le loro proprietà chimiche e fisiche con particolare attenzione al loro utilizzo e alle loro applicazioni. In particolare, sono essenziali i seguenti temi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• comprensione e descrizione delle strutture molecolari;</li> <li>• formazione di aggregati poliatomici (aggregati);</li> <li>• caratterizzazione e descrizione di sistemi poliatomici (molecole e aggregati);</li> <li>• correlazione tra struttura e proprietà dei sistemi poliatomici;</li> <li>• stabilità e reattività chimica di molecole e aggregati; esempi significativi di materiali.</li> </ul>	<p><b>Learning Goals:</b>            To provide knowledge on the understanding and analysis of materials in order to understand the close correlation between their internal structure and their chemical and physical properties with particular attention to their use and applications. In particular, the following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understanding and descriptions of molecular structures;</li> <li>• formation of polyatomic aggregates (aggregates);</li> <li>• characterization and description of polyatomic systems (molecules and aggregates);</li> <li>• correlation between structure and properties of polyatomic systems;</li> <li>• stability and chemical reactivity of molecules and aggregates; significant examples of materials.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p><b>Conoscenze preliminari:</b>            Conoscenze di base di chimica, matematica e fisica</p>	<p><b>Prerequisites:</b>            Knowledge of basic chemistry as well as mathematics and physics.</p>
	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	FISICA QUANTISTICA AVANZATA	ADVANCED QUANTUM PHYSICS
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze sulla meccanica quantistica relativistica e sulle proprietà fisiche dei sistemi di particelle identiche. I seguenti argomenti sono essenziali:</p>	<p>Knowledge of the relativistic quantum mechanics and of systems of identical particles. The following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• entangled states, EPR Paradox and Bell's inequality</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17**  
**DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stati entangled, paradosso EPR e disuguaglianza di Bell</li> <li>• Invarianza di gauge e simmetrie</li> <li>• Teoria quantistica di sistemi di particelle identiche</li> <li>• Teoria quantistica dello scattering</li> <li>• Seconda quantizzazione dei sistemi fisici costituiti da bosoni e da fermioni</li> <li>• Equazioni quantistiche relativistiche per particelle a spin 0, spin 1 e spin <math>\frac{1}{2}</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gauge invariance and symmetries</li> <li>• quantum theory of systems consisting of identical particles.</li> <li>• quantum scattering theory</li> <li>• second quantization of systems of identical bosons and identical fermions relativistic quantum wave equations for spin 0, spin 1 and spin <math>\frac{1}{2}</math> particles</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p>Conoscenze di base della meccanica quantistica, delle regole di selezione, e della teoria della relatività speciale.</p> <p>Conoscenze delle trasformate di Fourier, degli spazi vettoriali a dimensioni infinite e di analisi complessa.</p>	<p>Knowledge of the foundations of quantum mechanics, of selection rules, and special relativity theory are required. Knowledge of Fourier's transforms, infinite-sized vector spaces and complex analysis methods are also needed.</p>

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	FISICA COMPUTAZIONALE	COMPUTATIONAL PHYSICS
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Applicazione della capacità di programmare alla modellazione e la simulazione di sistemi fisici, con applicazioni a sistemi caotici e complessi. Conoscenza dei metodi computazionali più usati per studiare i sistemi di molti corpi nella fisica della materia condensata. Più specificamente, sono di fondamentale importanza i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efficienza degli algoritmi, casualità, prevedibilità</li> <li>• Misure di complessità</li> <li>• Dinamica non lineare</li> <li>• Scaling, distribuzioni di potenza</li> <li>• Frattali</li> </ul>	<p>Applying the ability to program the modelling and simulation of physical systems, with applications to chaotic and complex systems. Knowledge of the computational methods most used to study many-body systems in condensed matter physics. More specifically the following arguments are of fundamental importance:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithms efficiency, randomness, predictability</li> <li>• Measures of complexity</li> <li>• Non-linear dynamics</li> <li>• Scaling, power-law distributions</li> <li>• Fractals</li> <li>• Monte-Carlo method</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
 DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodo di Monte-Carlo</li> <li>• Simulazione al computer di liquidi classici</li> <li>• Dinamica molecolare</li> <li>• Introduzione al metodo Car-Parrinello</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computer simulation of classical liquids.</li> <li>• Molecular Dynamics</li> <li>• Introduction to the Car-Parrinello method</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p>Gli studenti dovrebbero possedere, in generale, le nozioni insegnate nei corsi di Laurea Triennale in Fisica. Più specificamente, dovrebbero conoscere la Meccanica Statistica di base e dovrebbero essere in grado di utilizzare un linguaggio di programmazione come: Fortran, C++ o Python</p>	<p>Students should possess, in general, the notions taught in the courses of Laurea Triennale in Fisica. More specifically, they should know basic Statistical Mechanics and should be able to use a programming language such as: Fortran, C++ or Python.</p>
	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	ANALISI DATI	DATA ANALYSIS
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze e competenze sulle tecniche computazionali per l'analisi dati e l'elaborazione delle immagini, sull'analisi delle componenti principali (PCA) e sulle tecniche di programmazione per l'intelligenza artificiale. Questi approcci sono applicati ed ottimizzati per l'analisi e la modellazione di argomenti di interesse nel campo della Fisica degli Stati Condensati, quali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proprietà di trasporto ed ottiche in solidi e fluidi;</li> <li>• procedure di fitting di dati sperimentali;</li> <li>• simulazione di nanostructure;</li> <li>• fenomeni oscillatori/ondulatori con trasformata di Fourier.</li> </ul>	<p>Knowledge and expertise on computational science for data analysis (acquisition, mining, handling, visualization) and image processing, including hints on analysis of the main component (PCA) and Artificial Intelligence. These approaches will be applied and optimized for the analysis and modelling of Condensed Matter Physics relevant topics, such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• transport and optical properties of solid and fluids;</li> <li>• curve fitting of experimental data;</li> <li>• computational modeling of nanostructures;</li> <li>• oscillatory/wave phenomena by Fourier transform.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p>Familiarità con le tecniche di programmazione, con i software di analisi dati e la visualizzazione grafica. Analisi di Fourier. Conoscenze</p>	<p>Familiarity with programming tools, with data analysis software and graphic visualization. Fourier analysis. Statistical analysis, probability</p>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	di analisi statistica, calcolo delle probabilità e di tecniche di programmazione orientata agli oggetti.	calculation, object-oriented programming.
	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	LABORATORIO	LABORATORY
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze approfondite riguardanti le principali metodologie sperimentali di indagine fisica nell’ambito della struttura della materia, e delle moderne strumentazioni di misura. Illustrare i principi di funzionamento e le caratteristiche di sensori e trasduttori, oltre a nozioni operative sulla strumentazione di misura e sui sistemi di acquisizione dati e di controllo. In particolare, saranno organizzate le seguenti attività formative:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquisizione, trattamento e conversione di segnali;</li> <li>• digitalizzazione dei dati (DAC/ACD), riduzione del rumore e lock-in;</li> <li>• misura della temperatura e criogenia;</li> <li>• tecniche di vuoto, tecniche di base in spettroscopia;</li> <li>• fondamenti sulla microscopia e spettroscopia subdiffrattiva: STED, PALM, STORM</li> <li>• micro-movimentazione e posizionamento, piezodispositivi;</li> </ul> <p>Le attività di laboratorio prevedono inoltre l'utilizzazione/organizzazione delle seguenti esperienze: diffrazione di raggi X da polveri, misure di coerenza tramite interferometria, determinazione delle caratteristiche dei sistemi da vuoto, gestione di servomotori e trasduttori tramite schede Raspberry/Arduino.</p>	<p>The course aims to provide in-depth knowledge regarding the main experimental methods of physical investigation of the structure of condensed matter, and on modern measuring instruments. Provide a panorama of operating principles and characteristics of sensors and transducers, as well as operational notions on data acquisition and control systems. The following training activities are carried out:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquisition, treatment and conversion of signals,</li> <li>• digitization of data (DAC / ACD), noise reduction and the lock-in technique;</li> <li>• measurement of temperature and cryogenics;</li> <li>• vacuum techniques, the basic techniques in spectroscopy and related instrumentation.</li> <li>• notes on sub-diffraction microscopy and spectroscopy: STED, PALM, STORM;</li> <li>• notes on NMR techniques;</li> <li>• Micro-movement and positioning, piezo devices.</li> </ul> <p>Laboratory experiments: X-ray diffraction from powders, coherence measurements through interferometry, dielectric spectroscopy, determination of the characteristics of vacuum systems, management of servomotors and transducers via Raspberry boards.</p>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenze di base di fisica e laboratorio, capacità di utilizzo degli	Basic knowledge of physics and laboratory, ability to use computing tools,



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	strumenti di calcolo informatico, competenze sul trattamento dei dati sperimentali.	skills on the treatment of experimental data.
--	---	---

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA	MATERIAL PHYSICS LABORATORY
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	Il Corso intende fornire competenze sperimentali nello studio della fisica della materia condensata, fornendo agli studenti la capacità di eseguire esperimenti spettroscopici avanzati con lo scopo di analizzare e interpretare criticamente i risultati ottenuti. L'attenzione sarà focalizzata sull'utilizzo di diverse tecniche ottiche e vibrazionali per lo studio delle proprietà strutturali e dinamiche di diversi tipi di materiali, operando su diverse scale spatio-temporali.	The Course intends to provide experimental skills in the study of condensed matter physics, furnishing to the students the ability to perform advanced spectroscopic experiments with the aim to analyse and critically interpret the obtained results. The attention will be focused on the use of different optical and vibrational techniques for studying structural and dynamics properties of different kinds of materials, operating on different spatio-temporal scales.
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenze approfondite di elettromagnetismo e struttura della materia	In-depth knowledge of electromagnetism and structure of matter.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	DISPOSITIVI MICRO-OPTO ELETTRONICI	MICRO-OPTO ELECTRONIC DEVICES
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	Il corso si propone di fornire i concetti di base per la comprensione del funzionamento dei principali dispositivi micro-optoelettronici utilizzati nelle applicazioni elettroniche. In particolare saranno trattati i seguenti argomenti: <ul style="list-style-type: none"> <li>Dispositivi microelettronici: a giunzione pn, transistor (BJT, FET, MOSFET)</li> </ul>	The course aims to provide the basic concepts for understanding the operation of the main micro-optoelectronic devices used in electronic applications. Specifically the following topics will be covered: <ul style="list-style-type: none"> <li>Microelectronic devices: pn-junction, transistors (BJT, FET, MOSFET)</li> <li>Optoelectronic properties of semiconductors</li> <li>Optoelectronic devices: waveguides, light emitting diodes, stimulated</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proprietà optoelettroniche dei semiconduttori</li> <li>• Apparecchi optoelettronici: guide d'onda, diodi emettitori di luce, dispositivi ad emissione stimolata, fotorilevatori e sensori d'immagine,</li> <li>• dispositivi fotovoltaici</li> <li>• Dispositivi ottici non lineari</li> </ul>	<p>emission devices, photodetectors and image sensors,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• photovoltaic devices</li> <li>• Nonlinear optical devices</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenze sugli argomenti trattati nel primo anno del corso di laurea.	Knowledge of the topic covered in the modules of the first year.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI	QUANTUM FIELD THEORY
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze sulla rinormalizzazione in teoria quantistica dei campi, utilizzando l'elettrodinamica quantistica come esempio. Gli argomenti previsti sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'elettrodinamica quantistica</li> <li>• Invarianza di gauge e identità di Ward</li> <li>• Diagrammi a un loop e rinormalizzazione</li> <li>• Cenni al gruppo di rinormalizzazione</li> </ul>	<p>Knowledge of renormalization in quantum field theory, using electrodynamics as example. The following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantum electrodynamics</li> <li>• Gauge invariance and Ward identities</li> <li>• One-loop diagrams and renormalization</li> <li>• Hints of renormalization group</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenza della meccanica quantistica relativistica e non relativistica	Knowledge of relativistic and nonrelativistic quantum mechanics

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	OTTICA E TECNOLOGIE QUANTISTICHE	QUANTUM OPTICS AND TECHNOLOGIES
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	Il corso si propone di fornire la conoscenza degli argomenti	The course aims to provide knowledge of the most relevant topics



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<p>più rilevanti riguardanti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• i fenomeni ottici quantistici,</li> <li>• i meccanismi fondamentali che governano l'interazione luce-materia;</li> <li>• la conoscenza dei principi e dei principali protocolli dell'informazione quantistica</li> <li>• le tecnologie quantistiche di seconda generazione.</li> </ul>	<p>regarding:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• quantum optical phenomena,</li> <li>• knowledge of the fundamental mechanisms governing light-matter interaction;</li> <li>• knowledge of the principles and the main protocols of quantum information</li> <li>• second-generation quantum technologies.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p>Sono richieste sia conoscenze di base della meccanica quantistica, delle regole di selezione e della relatività speciale. Sono necessarie anche competenze sulle trasformate di Fourier, degli spazi vettoriali a dimensioni infinite e di analisi complessa.</p>	<p>Knowledge on the foundations of quantum mechanics, of selection rules, and special relativity theory are required. Knowledge on Fourier's transforms, infinite-sized vector spaces and complex analysis methods are also needed.</p>

	Italiano	inglese
DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO	FISICA DELLO STATO SOLIDO	SOLID STATE PHYSICS
Lingua insegnamento	INGLESE	INGLESE
Obiettivi Formativi	<p>Basato sulle conoscenze della meccanica quantistica, il corso intende fornire conoscenze sulle proprietà elettroniche, ottiche e di trasporto nei solidi.</p> <p>I seguenti argomenti sono essenziali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simmetria di traslazione e funzioni d'onda di Bloch</li> <li>• Teoria a bande</li> <li>• Interazioni elettrone-nucleo e vibrazioni del reticolo</li> <li>• Proprietà ottiche e di trasporto</li> <li>• Proprietà magnetiche</li> </ul>	<p>Founded on quantum mechanics, the course aims to provide knowledge related to electronic, optical, and transport properties of solids. The following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Translational symmetry and Bloch wavefunctions</li> <li>• Band theory of crystals</li> <li>• Electron-nuclei interaction and lattice vibrations</li> <li>• Optical and transport properties of solids</li> <li>• Magnetic properties</li> </ul>
Prerequisiti	<p>Sono richieste sia conoscenze di base della meccanica quantistica e di argomenti di base di struttura della materia che di analisi matematica</p>	<p>Knowledge of the foundations of quantum mechanics and the introductory arguments of the structure of matter are required. Knowledge of</p>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
 DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	e di metodi matematici della fisica	mathematical analysis and on the mathematical methods for physics
--	-------------------------------------	---

	Italiano	inglese
DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO	SPINTRONICA	SPINTRONICS
Lingua insegnamento	INGLESE	INGLESE
Obiettivi Formativi	<p>L'obiettivo del corso è quello di fornire le competenze che comprendono le conoscenze teoriche e computazionali necessarie per affrontare problemi di modellazione nel campo della Spintronics. In particolare, il corso si propone di fornire conoscenze di micro-magnetismo e trasporto elettrico fornendo gli strumenti per la progettazione di dispositivi spintronici. Le conoscenze principali riguardano i seguenti argomenti:</p> <p>energia micromagnetica,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• origine dei domini magnetici.</li> <li>• solitoni magnetici</li> <li>• trasporto in valvole di spin</li> <li>• Giunti di tunnel magnetici</li> <li>• effetto spin-hall</li> <li>• modellazione di materiali antiferromagnetici</li> <li>• isolanti topologici e applicazioni.</li> </ul>	<p>The aim of the course is to provide the skills that include the theoretical and computational knowledge needed to address modeling problems in the field of Spintronics. In particular, the course aims to provide knowledge of micro-magnetism and electric transport by providing the tools for the design of spintronic devices. The main knowledge covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• micromagnetic energy,</li> <li>• origin of magnetic domains.</li> <li>• magnetic solitons</li> <li>• transport in spin valves</li> <li>• magnetic tunneling joints</li> <li>• spin-hall effect</li> <li>• modelling of antiferromagnetic materials</li> <li>• topological insulators and applications.</li> </ul>
Prerequisiti	Conoscenza di analisi matematica reale e complessa, nonché di tecniche analitiche e numeriche per la risoluzione di equazioni differenziali. Conoscenze di base di informatica.	Knowledge of real and complex mathematical analysis, as well as analytical and numerical techniques for solving differential equations. Basic knowledge of computer science.
	Italiano	inglese
DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO	FISICA STATISTICA	STATISTICAL PHYSICS



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze sui sistemi fisici complessi. I seguenti argomenti sono essenziali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Matrice densità e meccanica statistica quantistica</li> <li>• Teorie di campo medio e fenomeni critici</li> <li>• Termodinamica e proprietà strutturali dei liquidi classici</li> <li>• Superconduttività</li> <li>• Condensazione di Bose-Einsten e superfluidità</li> <li>• Moto browniano e trasporto in sistemi disordinati</li> <li>• Metodo di Feynman con l'integrale di percorso</li> <li>• Gruppo di rinormalizzazione e teoria dello scaling</li> </ul>	<p><b>Learning Goals:</b> The course aims to provide knowledge related to complex physics systems. The following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Density matrix and quantum statistical mechanics</li> <li>• Mean-field theories and critical phenomena</li> <li>• Thermodynamics and structural properties of classical liquids.</li> <li>• Superconductivity</li> <li>• Bose -Einsten condensation and superfluidity</li> <li>• Brownian motion and transport in disordered systems</li> <li>• Feynman path integral</li> <li>• The renormalization group approach and the scaling theory</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Sono richieste sia conoscenze di base della meccanica quantistica e di argomenti di base di struttura della materia che di analisi matematica e di metodi matematici della fisica	Knowledge of the foundations of quantum mechanics and the introductory arguments of the structure of matter are required. Knowledge of mathematical analysis and on the mathematical methods for physics.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	NANOFISICA E NANOTECNOLOGIA	NANOPHYSICS AND NANOTECHNOLOGY
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il corso di propone di fornire conoscenze sulle proprietà dei materiali alla nanoscala. Fondamentali sono i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proprietà ottiche ed elettroniche alla nanoscala;</li> <li>• Punti e pozzi quantici, nanotubi;</li> </ul>	<p><b>Learning Goals:</b> The course aims to provide knowledge related to the properties of materials at nanoscale. The following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optical and electronic properties of matter at the nanoscale;</li> <li>• Quantum dots, nanotubes and quantum wells;</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cristalli fotonici e superstrutture;</li> <li>• Tecniche top-down e bottom-up;</li> <li>• Microscopia, spettroscopia e altre tecniche analitiche per materia alla nanoscala;</li> <li>• Funzionalizzazione.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Photonic crystals and superstructures;</li> <li>• Top down and bottom up techniques;</li> <li>• Microscopy, spectroscopy and other analytical techniques on the nanoscale;</li> <li>• Functionalization.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<b>Conoscenze preliminari:</b> Sono richieste conoscenze di meccanica quantistica e di fisica dello stato solido.	<b>Prerequisites:</b> Knowledge of quantum mechanics and solid-state physics are required.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	MATEMATICA APPLICATA	APPLIED MATHEMATICS
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	<b>Obiettivi formativi:</b> Gli studenti che completeranno con successo questo corso acquisiranno una conoscenza di base delle Equazioni alle Derivate Parziali della Fisica Matematica, delle loro proprietà, dei loro metodi di soluzione e del loro uso nello studio dei fenomeni fisici.	<b>Learning Goals:</b> Knowledge and mastery of Mathematical Analysis which includes Calculus of Several Variables, Complex analysis, Fourier series and Integral transforms.
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenze preliminari: Conoscenza e padronanza di Analisi Matematica, Analisi complessa, Serie di Fourier e Trasformate Integrali di Fourier e Laplace.	Prerequisites: Knowledge and mastery of Mathematical Analysis which includes Calculus of Several Variables, Complex analysis, Fourier series and Integral transforms.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI	ANALYSIS AND MODELS OF BIOMEDICAL SIGNALS



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
 DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Fornire conoscenza sui concetti di modellizzazione ed elaborazione dei segnali ed immagini e sugli approcci statistici all'analisi dei dati. Tali approcci verranno applicati e ottimizzati per l'analisi dei segnali biomedici.</p> <p>In particolare, sono fondamentali i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• processi aleatori e la loro caratterizzazione nel tempo e in frequenza. Stimatori.</li> <li>• acquisizione, campionamento e quantizzazione dei segnali.</li> <li>• algoritmi di ricostruzione</li> <li>• metodi per la riduzione del rumore</li> </ul>	<p>Provide knowledge on the concepts of modeling and processing of signals and images and on statistical approaches to data analysis. These approaches will be applied and optimized for the analysis of biomedical signals.</p> <p>In particular, the following topics are of fundamental importance:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• random processes and their characterization over time and frequency. Estimators.</li> <li>• acquisition, sampling and quantization of the signals.</li> <li>• reconstruction algorithms</li> <li>• methods for noise reduction.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Familiarità con strumenti di programmazione e con software di analisi dati e visualizzazione grafica. Analisi di Fourier.	Familiarity with programming tools and with data analysis and graphic visualization software. Fourier analysis.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	BIOFISICA	BIOPHYSICS
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Fornire conoscenze sugli aspetti della fisica che sono legati allo studio ed alla interpretazione dei fenomeni biologici, nonché sulle teorie e metodi sperimentali avanzati per l'investigazione dei sistemi biologici dalla scala molecolare a quella degli ecosistemi. In particolare, sono fondamentali i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• meccanismi di equilibrio fisico-chimico in membrane modello;</li> <li>• processi di trasporto attraverso membrane biologiche;</li> </ul>	<p>Provide knowledge on those aspects of physics that are related to the study and interpretation of biological phenomena, as well as on advanced theories and experimental methods for the investigation of biological systems from the molecular scale to ecosystems. In particular, the following topics are of fundamental importance:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• physical-chemical equilibrium mechanisms in model membranes;</li> <li>• transport processes through biological membranes;</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• meccanismi di trasmissione e trasduzione dei segnali cellulari;</li> <li>• processi di riconoscimento molecolare;</li> <li>• cenni ad applicazioni nei campi della bio-nanomedicina e della bio-sensoristica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mechanisms of transmission and transduction of cellular signals;</li> <li>• molecular recognition processes;</li> <li>• outline of applications in the fields of bio-nanomedicine and bio-sensors.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Concetti fondamentali di fisica, di chimica, di Analisi statistica e di meccanica quantistica.	Fundamental concepts of physics, chemistry, statistical analysis and quantum mechanics

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	FISICA QUANTISTICA	QUANTUM PHYSICS
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze sulla meccanica quantistica relativistica e sullo scattering relativistico all'ordine più basso in teoria delle perturbazioni. Gli argomenti previsti sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Momento angolare in meccanica quantistica</li> <li>- Il gruppo di Poincaré e le sue rappresentazioni</li> <li>- Seconda quantizzazione e formalismo canonico</li> <li>- Equazioni per particelle a spin 0, spin <math>\frac{1}{2}</math>, spin 1 e loro simmetrie</li> <li>- Teoria relativistica dello scattering</li> </ul>	<p>Knowledge of relativistic quantum mechanics and of relativistic scattering at leading order in perturbation theory. The following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Angular momentum in quantum mechanics</li> <li>- The Poincaré group and its representations</li> <li>- Second quantization and canonical formalism</li> <li>- Equations for particles of spin 0, <math>\frac{1}{2}</math> and 1, and their symmetries</li> <li>- Relativistic scattering theory</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenza della meccanica quantistica non relativistica e della relatività speciale. Conoscenza delle trasformate di Fourier, degli spazi vettoriali a dimensioni infinite e dei metodi di analisi complessa	Knowledge of nonrelativistic quantum mechanics and special relativity is required. Knowledge of Fourier's transforms, infinite-dimensional vector spaces and complex analysis methods are also needed.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE</b>	FONDAMENTI DI FISICA BIOMEDICA E SANITARIA	FUNDAMENTAL IN BIOMEDICAL AND HEALTH PHYSICS



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

<b>INSEGNAMENTO</b>		
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze delle metodologie fisiche volte alla descrizione e alla comprensione della materia vivente nel contesto medico-biologico.</p> <p>In particolare, sono fondamentali i seguenti argomenti: fisica degli apparati e dei sistemi del corpo umano;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• radiazioni non ionizzanti e ionizzanti ed effetti sui mezzi biologici;</li> <li>• fondamenti fisici e tecnologici delle indagini in radiologia tradizionale e basate su ultrasuoni;</li> <li>• fondamenti fisici delle tecniche diagnostiche per immagini;</li> <li>• fondamenti fisici delle metodiche di medicina nucleare.</li> </ul>	<p>The course aims to provide knowledge on the physical methodologies that can be used for the description and understanding of living matter in the medical-biological context.</p> <p>In particular, the following topics are of fundamental importance: physics of the human body and of anatomical systems;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• non-ionizing and ionizing radiation and their effects on biological systems;</li> <li>• physical and technological foundations of traditional radiology and ultrasound methods;</li> <li>• physical foundations of diagnostic imaging techniques;</li> <li>• physical foundations of methodologies in nuclear medicine.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Elettromagnetismo. Conoscenze di struttura della materia.	Electromagnetism. Knowledge of structure of matter.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	LABORATORIO DI FISICA APPLICATA	APPLIED PHYSICS LABORATORY
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze approfondite riguardanti le principali metodologie sperimentali di indagine fisica applicate a sistemi di interesse biofisico.</p> <p>Sono fondamentali i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• microscopia ottica ed elettronica</li> <li>• fluorescenza di raggi X</li> </ul>	<p>The course aims to provide in-depth knowledge regarding the main experimental methods of physical investigation applied to systems of biophysical interest. The following topics are of fundamental importance:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• optical and electron microscopy;</li> <li>• X-ray fluorescence;</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tecniche spettroscopiche</li> <li>• coulombmetria</li> <li>• tecniche avanzate di indagine in ambito biofisico e biomedico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• spectroscopic techniques;</li> <li>• coulombmetry;</li> <li>• advanced investigation techniques in the biophysical and biomedical fields.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenze di base di chimica e fisica, capacità di utilizzo degli strumenti di calcolo informatico, competenze sul trattamento dei dati sperimentali.	Basic knowledge of chemistry and physics, ability to use computing tools, skills on the treatment of experimental data.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	LABORATORIO DI MISURE	LABORATORY OF MEASUREMENTS
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze approfondite riguardanti le principali metodologie sperimentali di indagine fisica in generale, e le moderne strumentazioni di misura. Illustrare i principi di funzionamento e le caratteristiche di sensori e trasduttori, oltre a nozioni operative sulla strumentazione di misura e sui sistemi di acquisizione dati e di controllo. In particolare, saranno organizzate le seguenti attività formative:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquisizione, trattamento e conversione di segnali;</li> <li>• digitalizzazione dei dati (DAC/ACD), riduzione del rumore e lock-in;</li> <li>• misura della temperatura e criogenia;</li> <li>• tecniche di vuoto,</li> <li>• scintillatori organici ed inorganici: proprietà ed applicazioni;</li> <li>• micro-movimentazione e posizionamento, piezodispositivi;</li> <li>• utilizzo di sistemi di acquisizione dati e relativi software per il</li> </ul>	<p>The course aims to provide in-depth knowledge regarding the main experimental methods of physical investigation general physics, and on modern measuring instruments. Provide a panorama of operating principles and characteristics of sensors and transducers, as well as operational notions on data acquisition and control systems. In particular, the following training activities will be organised:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquisition, treatment and conversion of signals;</li> <li>• digitization of data (DAC / ACD), the reduction of noise and the lock-in technique;</li> <li>• measurement of temperature and cryogenics;</li> <li>• vacuum techniques;</li> <li>• organic and inorganic scintillators: properties and applications;</li> <li>• use of data acquisition systems (DAQ card, camac) and related software for the automatic control of measuring instruments in the laboratory.</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<p>controllo automatico della strumentazione di misura in laboratorio.</p> <p>Le attività di laboratorio prevedono inoltre l'utilizzazione/organizzazione delle seguenti esperienze: misure di coerenza tramite interferometria, determinazione delle caratteristiche dei sistemi da vuoto, gestione di servomotori e trasduttori tramite schede Raspberry/Arduino.</p>	<p>The laboratory activities are: coherence measurements through interferometry, determination of the characteristics of vacuum systems, management of servomotors and transducers via Raspberry boards</p>
<b>Prerequisiti</b>	<p>Conoscenze di base di fisica e laboratorio, capacità di utilizzo degli strumenti di calcolo informatico, competenze sul trattamento dei dati sperimentali.</p>	<p>Basic knowledge of physics and laboratory, ability to use computing tools, skills on the treatment of experimental data.</p>
	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	MISURE FISICHE NELLA RADIOPROTEZIONE AMBIENTALE E SANITARIA	PHYSICS MEASUREMENTS IN ENVIRONMENTAL AND HEALTH RADIATION PROTECTION
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Fornire allo studente conoscenze sugli effetti biologici delle radiazioni ionizzanti, sulla valutazione del rischio radiologico per operatori, popolazione e ambiente nonché sulle normative che regolano il settore. In particolare, sono fondamentali i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dosimetria e grandezze dosimetriche</li> <li>• le basi scientifiche della radioprotezione</li> <li>• monitoraggio ambientale ed individuale</li> <li>• legislazione di radioprotezione in radiodiagnostica, radioterapia, medicina nucleare</li> </ul>	<p>Provide the student with knowledge on the biological effects of ionizing radiation, on the assessment of radiological risk for operators, population and the environment as well as on the legal regulations governing the sector. In particular, the following topics are of fundamental importance:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dosimetry and dosimetric quantities;</li> <li>• the scientific bases of radiation protection;</li> <li>• environmental and individual monitoring;</li> <li>• regulations on radiation protection in radiodiagnostics, radiotherapy and nuclear medicine</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p>Conoscenze di base di fisica nucleare. Conoscenza sull'interazione radiazione-materia.</p>	<p>Basic knowledge of nuclear physics. Knowledge of the radiation-matter interaction</p>
	Italiano	inglese



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	TEORIA E SIMULAZIONE DELLA MATERIA SOFFICE	PHYSICS MEASUREMENTS IN ENVIRONMENTAL AND HEALTH RADIATION PROTECTION
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Fornire conoscenze sulle proprietà microscopiche, strutturali e termodinamiche della materia condensata soffice, con particolare riguardo alla fisica delle sospensioni colloidali e delle soluzioni di proteine globulari. In particolare, sono fondamentali i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelli mesoscopici e strumenti di analisi termodinamica e strutturale sia teorici sia simulativi</li> <li>• Metodi Monte Carlo e della dinamica molecolare.</li> </ul> <p>Laboratorio: applicazione pratica della dinamica molecolare per lo studio di modelli semplici di materiali soffici.</p>	<p>Microscopic, structural and thermodynamic properties of soft condensed matter, with emphasis on the physics of colloidal suspensions and globular protein solutions.</p> <p>In particular, the following topics are of fundamental importance:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesoscopic models; theoretical and simulation schemes for their thermodynamics and structural analysis;</li> <li>• Monte Carlo and molecular dynamics methods</li> </ul> <p>Laboratory: molecular dynamics simple models of soft materials.</p>
<b>Prerequisiti</b>	Fondamenti di Termodinamica e Meccanica Statistica. Conoscenza di base della fisica dei fluidi e dei metodi di simulazione classica. Familiarità con strumenti di programmazione e con software di analisi dati e visualizzazione grafica.	Fundamentals of Thermodynamics and Statistical Mechanics. Basic knowledge of physics of fluids and classical simulations. Familiarity with computer programming, data analysis and graphic visualization.
	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI	QUANTUM FIELD THEORY
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze sulla rinormalizzazione in teoria dei campi, utilizzando l'elettrodinamica quantistica come esempio. Gli argomenti previsti sono: - L'elettrodinamica quantistica - Invarianza di gauge e identità di Ward - Diagrammi a un loop e rinormalizzazione - Cenni al</p>	<p>Knowledge of renormalization in quantum field theory, using electrodynamics as example. The quantum field theory, using electrodynamics as example. The following topics are essential: - Quantum electrodynamics - Gauge invariance and Ward identities - One-loop diagrams and renormalization - Hints of renormalization</p>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	gruppo di rinormalizzazione	group
Prerequisiti	Conoscenza della meccanica quantistica relativistica e non relativistica	Knowledge of relativistic and nonrelativistic quantum mechanics
	Italiano	inglese
DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO	BIOMATERIALI	BIOMATERIALS
Lingua insegnamento	INGLESE	INGLESE
Obiettivi Formativi	<p>Fornire conoscenze sulle più importanti classi di biomateriali (metalli, polimeri, ceramici, compositi) dando informazioni sulla sintesi, sulle proprietà fisiche, chimiche e meccaniche, sulla biocompatibilità e sulle possibili applicazioni biomediche. In particolare, gli argomenti fondamentali sono i seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• classificazione dei biomateriali in base alla loro natura chimica e agli effetti prodotti reciprocamente tra il biomateriale e l'ambiente biologico;</li> <li>• proprietà di bulk e di superficie dei biomateriali e relative tecniche di analisi;</li> <li>• il ruolo dell'acqua nei biomateriali;</li> <li>• corrosione, biocompatibilità e usura;</li> <li>• biomateriali innovativi.</li> </ul>	<p>Provide knowledge on the most important biomaterial classes (metals, polymers, ceramics, composites) providing information on synthesis, physical, chemical and mechanical properties, biocompatibility and possible biomedical applications.</p> <p>In particular, the following topics are of fundamental importance:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• classification of biomaterials based on their chemical nature and on the effects mutually produced between the biomaterial and the biological environment;</li> <li>• bulk and surface properties of biomaterials and related analysis techniques;</li> <li>• the role of water in biomaterials;</li> <li>• corrosion, biocompatibility and aging;</li> </ul>
Prerequisiti	Conoscenza dei concetti di base di fisica, chimica e matematica	<p>innovative biomaterials.</p> <p>Knowledge of physics, chemistry and mathematics</p>
	Italiano	inglese



**CORSO DI LAUREA IN "PHYSICS" CLASSE LM-17**  
**DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO	TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI	QUANTUM FIELD THEORY
Lingua insegnamento	INGLESE	INGLESE
Obiettivi Formativi	<p><b>Obiettivi formativi:</b>            Fornire conoscenze sulla comprensione e l'analisi dei materiali al fine di comprendere la stretta correlazione tra la loro struttura interna e le loro proprietà chimiche e fisiche con particolare attenzione al loro utilizzo e alle loro applicazioni. In particolare, i seguenti argomenti sono essenziali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• comprensione e descrizione delle strutture molecolari;</li> <li>• formazione di aggregati poliatomici (aggregati);</li> <li>• caratterizzazione e descrizione dei sistemi poliatomici (molecole e aggregati);</li> <li>• correlazione tra struttura e proprietà dei sistemi poliatomici;</li> <li>• stabilità e reattività chimica delle molecole e degli aggregati; esempi significativi di materiali.</li> </ul>	<p><b>Learning Goals:</b>            To provide knowledge on the understanding and analysis of materials in order to understand the close correlation between their internal structure and their chemical and physical properties with particular attention to their use and applications. In particular, the following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understanding and descriptions of molecular structures;</li> <li>• formation of polyatomic aggregates (aggregates);</li> <li>• characterization and description of polyatomic systems (molecules and aggregates);</li> <li>• correlation between structure and properties of polyatomic systems;</li> <li>• stability and chemical reactivity of molecules and aggregates; significant examples of materials.</li> </ul>
Prerequisiti	<p><b>Conoscenze preliminari:</b>            Conoscenza di chimica, matematica e fisica di base</p>	<p><b>Prerequisites:</b>            Knowledge of basic chemistry as well as mathematics and physics.</p>

	Italiano	inglese
DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO	ANALISI DATI	DATA ANALYSIS
Lingua insegnamento	ITALIANO	ITALIANO
Obiettivi Formativi	<p>Fornire conoscenza sui concetti di modellizzazione ed elaborazione dei segnali ed immagini, sugli approcci statistici all'analisi dei dati di casi fisici reali di interesse in Fisica Nucleare/Fisica delle Particelle, mediante la scrittura di codici di simulazione per</p>	<p>Provide knowledge about modeling and signals and images processing, and on statistical approaches to data analysis relative to Nuclear Physics/Particle Physics, by writing simulation codes for the generation of events. These approaches will be applied and optimized for:</p>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
 DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<p>generazione eventi.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tali approcci verranno applicati e ottimizzati per:</li> <li>• analisi di processi aleatori e la loro caratterizzazione nel tempo e in frequenza. Stimatori;</li> <li>• acquisizione, campionamento e quantizzazione dei segnali;</li> <li>• generatore di eventi.</li> <li>• tecniche di “smearing”;</li> <li>• Misure della risoluzione ed efficienza di un rivelatore.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• random processes and their characterization over time and frequency. Estimators;</li> <li>• acquisition, sampling and quantization of the signals;</li> <li>• events generator;</li> <li>• smearing techniques;</li> <li>• evaluation of the resolution and efficiency of a detector.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Familiarità con strumenti di programmazione e con software di analisi dati e visualizzazione grafica. Analisi di Fourier. Analisi statistica, calcolo della probabilità, programmazione orientata agli oggetti.	Familiarity with programming tools, data analysis software and graphic visualization. Fourier analysis. Statistical analysis, probability, object oriented programming.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	CINEMATICA RELATIVISTICA	RELATIVISTIC KINEMATICS
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Fornire la capacità di descrivere in modo completo la dinamica di una reazione tra particelle ad energie relativistiche. In particolare, sono fondamentali i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• massa invariante di un sistema di reazione o prodotta dal decadimento di una particella;</li> <li>• calcolo e misura di variabili cinematiche;</li> <li>• rappresentazione della cinematica di reazione nel sistema del laboratorio e nel sistema del centro di massa;</li> <li>• stima dei quadrimpulsi delle particelle mediante trasformate di Lorentz;</li> </ul>	<p>The course provides the ability to fully describe the dynamics of particle reactions at relativistic energy. In particular, the following topics are fundamental:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• invariant mass of a reaction system or produced by the decay of a particle;</li> <li>• calculation and measurement of kinematic variables;</li> <li>• representation of the reaction kinematics in the laboratory system and in the center of mass system;</li> <li>• estimate of the particle's four pulses by means of Lorentz transforms;</li> <li>• Dalitz plot;</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
 DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dalitz plot;</li> <li>• Generatore di spazio delle fasi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• phase space generator.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenze di base delle particelle subnucleari, famiglie, tempi di vita media e decadimenti. Relatività speciale.	Fundaments of subnuclear particles, families, lifetime and decay. Special relativity.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	FISICA DEGLI ACCELERATORI E LORO APPLICAZIONI	RELATIVISTIC KINEMATICS
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Fornire le conoscenze sui principali meccanismi di accelerazione di particelle e sui principali tipi di acceleratori industriali e di ricerca. Fornire le conoscenze sulle principali applicazioni quali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• studio di reazioni indotte da particelle accelerate nell’ambito della ricerca scientifica;</li> <li>• utilizzo di particelle accelerate in ambito industriale per lo studio della radiochimica dei polimeri, per le</li> <li>• procedure di sterilizzazione e per la creazione di materiali innovativi</li> </ul>	<p>Knowledge on basic particle acceleration principles, and on industrial and research accelerators. Provide knowledge on the main applications such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• study of reactions induced by accelerated particles for scientific research;</li> <li>• use of accelerated particles for the study of Nucleare radiochemistry of polymers, for sterilization</li> <li>• procedures and for the creation of innovative materials.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenze su fisica delle particelle e interazione radiazione - materia. Conoscenze sulle interazioni fondamentali. Conoscenze su campi elettromagnetici ed elettrodinamica	Knowledge on particle physics, interaction between radiation and matter, fundamental interactions, electromagnetic fields and electrodynamics

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	FISICA NUCLEARE E PARTICELLARE	NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire adeguate conoscenze di fisica nucleare e subnucleare, con particolare riferimento alla struttura della materia adronica ea alle interazioni forte ed elettrodebole. In particolare, sono fondamentali i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proprietà elettromagnetiche del nucleo;</li> <li>• stati eccitati e scala dei tempi; transizioni elettromagnetiche e regole di selezione;</li> <li>• cinematica delle reazioni nucleari;</li> <li>• collisioni fra particelle con spin;</li> <li>• collisioni fra ioni pesanti e processi di pre-equilibrio;</li> <li>• proprietà della materia nucleare in condizioni lontane dalla stabilità;</li> <li>• teoria di Yukawa, bosoni di gauge e diagrammi di Feynman;</li> <li>• antimateria e creazione di nuove particelle;</li> <li>• struttura a quark degli Adroni: simmetria leptone-quark, quark mixing e matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa;</li> <li>• risonanze mesoniche e barioniche;</li> <li>• problema della materia oscura.</li> </ul>	<p>The course aims to provide adequate knowledge of nuclear and subnuclear physics, with particular reference to the structure of hadronic matter and the strong and electroweak interactions. In particular, the following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• electromagnetic properties of the nucleus;</li> <li>• excited states and time scale; electromagnetic transitions and selection rules;</li> <li>• kinematics of nuclear reactions;</li> <li>• collisions between particles with spin;</li> <li>• collisions between heavy ions and pre-equilibrium processes;</li> <li>• properties of nuclear matter far from stability;</li> <li>• Yukawa theory, gauge bosons and Feynman diagrams;</li> <li>• antimatter and creation of new particles;</li> <li>• Hadrons quark structure: lepton-quark symmetry, quark mixing and Cabibbo-Kobayashi-Maskawa matrix;</li> <li>• mesonic and barionic resonances;</li> <li>• the problem of dark matter.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenze di analisi matematica in campo reale e in campo complesso. Conoscenze degli argomenti di teoria delle reazioni nucleari trattati durante il primo semestre.	Knowledge of real and complex mathematical analysis. Knowledge of nuclear reaction theory covered during the first semester.

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	FISICA QUANTISTICA	QUANTUM PHYSICS



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze sulla meccanica quantistica relativistica e sullo scattering relativistico all'ordine più basso in teoria delle perturbazioni. Gli argomenti previsti sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Momento angolare in meccanica quantistica</li> <li>- Il gruppo di Poincaré e le sue rappresentazioni</li> <li>- Seconda quantizzazione e formalismo canonico</li> <li>- Equazioni per particelle a spin 0, spin <math>\frac{1}{2}</math>, spin 1 e loro simmetrie</li> <li>- Teoria relativistica dello scattering</li> </ul>	<p>Knowledge of relativistic quantum mechanics and of relativistic scattering at leading order in perturbation theory. The following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Angular momentum in quantum mechanics</li> <li>- The Poincaré group and its representations</li> <li>- Second quantization and canonical formalism</li> <li>- Equations for particles of spin 0, <math>\frac{1}{2}</math> and 1, and their symmetries</li> <li>- Relativistic scattering theory</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p>Conoscenza della meccanica quantistica non relativistica e della relatività speciale. Conoscenza delle trasformate di Fourier, degli spazi vettoriali a dimensioni infinite e dei metodi di analisi complessa</p>	<p>Knowledge of nonrelativistic quantum mechanics and special relativity is required. Knowledge of Fourier's transforms, infinite-dimensional vector spaces and complex analysis methods are also needed.</p>

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE E PARTICELLARE	NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS LABORATORY
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso fornisce allo studente gli strumenti per progettare l'intera catena elettronica necessaria a un sistema di rivelazione di radiazioni neutre o dotate di carica elettrica, per la scrittura e l'utilizzo di software per l'acquisizione dei dati. Sono realizzate le seguenti attività formative:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• misure standard quali caratterizzazione del sistema di rivelazione, misura della rate di una sorgente di radiazione;</li> <li>• studio e caratterizzazione dei moderni sistemi di rivelazione,</li> </ul>	<p>The course provides the students the skills to build and project the electronic chain of a radiation detection system able to measure neutral and charged particle, and data acquisition software. The following training activities are carried out:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• standard test like the ones devoted to characterizing the whole detection system, the measure of absolute rate of a radiation source;</li> <li>• study and characterization of detection systems like</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<p>quali calorimetri elettromagnetici, tracciatori, sistemi di identificazione delle particelle e degli ioni;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tecniche di trattamento dei dati raccolti, quali decodifica e calibrazione;</li> <li>• uso di simulatori tipici della fisica nucleare e particellare (es. GEANT4 o librerie simili) per l'implementazione di codici utili alla simulazione dell'intero apparato di misura.</li> </ul>	<p>electromagnetic calorimeter, tracker, particle and ion identification systems will be also studied;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• insights on method to process, decode and calibrate the detected data;</li> <li>• insights on common simulator in nuclear and particle physics (like GEANT4 or other similar) to implement simulation tool able to reproduce the behaviour of the whole detector system.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p>Conoscenze di Fisica nucleare e interazione radiazione materia, delle tecniche di rivelazione delle radiazioni e dell'elettronica di base utilizzata nei laboratori di fisica nucleare. Fondamenti di programmazione in un linguaggio orientato agli oggetti.</p>	<p>Knowledge of nuclear physics and radiation-matter interaction, of the methods to detect radiations and of the electronics used in the laboratory of nuclear physics. Fundament of programming in a objected oriented language.</p>

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	LABORATORIO DI MISURE	LABORATORY OF MEASUREMENTS
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p>Il corso si propone di fornire conoscenze approfondite riguardanti le principali metodologie sperimentali di indagine fisica in generale, e le moderne strumentazioni di misura. Illustrare i principi di funzionamento e le caratteristiche di sensori e trasduttori, oltre a nozioni operative sulla strumentazione di misura e sui sistemi di acquisizione dati e di controllo. In particolare, saranno organizzate le seguenti attività formative:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquisizione, trattamento e conversione di segnali;</li> </ul>	<p>The course aims to provide in-depth knowledge regarding the main experimental methods of physical investigation general physics, and on modern measuring instruments. Provide a panorama of operating principles and characteristics of sensors and transducers, as well as operational notions on data acquisition and control systems. In particular, the following training activities will be organised:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquisition, treatment and conversion of signals;</li> <li>• digitization of data (DAC / ACD), the reduction of</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• digitalizzazione dei dati (DAC/ACD), riduzione del rumore e lock-in;</li> <li>• misura della temperatura e criogenia;</li> <li>• tecniche di vuoto,</li> <li>• scintillatori organici ed inorganici: proprietà ed applicazioni;</li> <li>• micro-movimentazione e posizionamento, piezodispositivi;</li> <li>• utilizzo di sistemi di acquisizione dati e relativi software per il controllo automatico della strumentazione di misura in laboratorio.</li> </ul> <p>Le attività di laboratorio prevedono inoltre l'utilizzazione/organizzazione delle seguenti esperienze: misure di coerenza tramite interferometria, determinazione delle caratteristiche dei sistemi da vuoto, gestione di servomotori e trasduttori tramite schede Raspberry/Arduino.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• noise and the lock-in technique;</li> <li>• measurement of temperature and cryogenics;</li> <li>• vacuum techniques;</li> <li>• organic and inorganic scintillators: properties and applications;</li> <li>• use of data acquisition systems (DAQ card, camac) and related software for the automatic control of measuring instruments in the laboratory.</li> </ul> <p>The laboratory activities are: coherence measurements through interferometry, determination of the characteristics of vacuum systems, management of servomotors and transducers via Raspberry boards</p>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenze di base di fisica e laboratorio, capacità di utilizzo degli strumenti di calcolo informatico, competenze sul trattamento dei dati sperimentali.	Basic knowledge of physics and laboratory, ability to use computing tools, skills on the treatment of experimental data.
	<b>Italiano</b>	<b>inglese</b>
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI	QUANTUM FIELD THEORY
<b>Lingua insegnamento</b>	INGLESE	INGLESE
<b>Obiettivi Formativi</b>	Il corso si propone di fornire conoscenze sulla rinormalizzazione in teoria dei campi, utilizzando l'elettrodinamica quantistica come esempio. Gli argomenti previsti sono: - L'elettrodinamica quantistica - Invarianza di gauge e identità di Ward - Diagrammi a un loop e rinormalizzazione - Cenni al gruppo di rinormalizzazione	Knowledge of renormalization in quantum field theory, using electrodynamics as example. Thein quantum field theory, using electrodynamics as example. The following topics are essential: - Quantum electrodynamics - Gauge invariance and Ward identities - One-loop diagrams and renormalization - Hints of renormalization group



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

Prerequisiti	Conoscenza della meccanica quantistica relativistica e non relativistica	Knowledge of relativistic and nonrelativistic quantum mechanics
--------------	--	---

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	TEORIA DELLE REAZIONI NUCLEARI	NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS LABORATORY
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p><b>Obiettivi formativi:</b> Obiettivo del corso è fornire gli elementi fondamentali della teoria dello scattering applicata alla interazione fra nucleoni e alle reazioni nucleari. In particolare, sono fondamentali i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• teoria dello scattering nel caso di esperimenti di fisica nucleare, approssimazione di Born;</li> <li>• sezioni d'urto di reazione, densità di corrente e funzione di deflessione;</li> <li>• diffusione di Rutherford, approssimazioni semiclassiche;</li> <li>• teoria di Wentzel-Kramers-Brillouin, impulsiva e di Glauber e descrizione stazionaria della diffusione quantistica; modelli fenomenologici di Mc Intyre, Frahn-Venter;</li> <li>• teoria elementare del potenziale ottico e teorema ottico;</li> <li>• risonanze in Fisica Nucleare: Teoria di Bethe, proprietà analitiche della matrice S.</li> </ul>	<p><b>Learning Goals:</b> The aim of the course is to provide the fundamental elements of scattering theory applied to the interaction between nucleons and nuclear reactions. In particular, the following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• scattering theory in the case of nuclear physics experiments, Born approximation;</li> <li>• scattering cross sections, current density and deflection function;</li> <li>• Rutherford diffusion, semiclassical approximations;</li> <li>• Wentzel-Kramers-Brillouin theory, impulsive and Glauber theory and stationary description of quantum diffusion;</li> <li>• phenomenological models of Mc Intyre, Frahn-Venter;</li> <li>• elementary theory of optical potential and optical theorem;</li> <li>• Resonances in Nuclear Physics: Bethe theory, analytical properties of the matrix S.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p><b>Conoscenze preliminari:</b> Conoscenze di meccanica quantistica e dei suoi metodi matematici.</p>	<p><b>Prerequisites:</b> Knowledge of quantum mechanics and its mathematical methods.</p>

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	INTERAZIONE DI RADIAZIONE CON LA MATERIA, PLASMI E TECNICHE DIAGNOSTICHE	INTERACTION OF RADIATION WITH MATTER, PLASMAS AND DIAGNOSTIC TECHNIQUES



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p><b>Obiettivi formativi:</b> Fornire conoscenze sulla fisica delle interazioni di radiazioni non ionizzanti e ionizzanti con la materia nonché delle tecniche di analisi di laboratorio atte ad investigare i sistemi studiati. In particolare, fondamentali sono i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interazioni elettroni-materia;</li> <li>• interazioni ioni-materia;</li> <li>• interazioni laser-materia;</li> <li>• produzione di plasmi;</li> <li>• fisica dei plasmi in equilibrio e in non equilibrio;</li> <li>• rivelatori di radiazioni per spettrometria di massa e tempo di volo;</li> <li>• codici di Simulazione e utilizzo di database di rete; <ul style="list-style-type: none"> <li>• tecniche di analisi e di trattamento di materiali.</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Learning Goals:</b> Provide knowledge of the physics of the interactions of non-ionizing and ionising radiation with matter as well as laboratory analysis techniques to investigate the systems studied. In particular, the following topics are fundamental:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• electron-matter interactions;</li> <li>• ion-matter interactions;</li> <li>• laser-matter interactions;</li> <li>• production of plasma;</li> <li>• plasma physics in equilibrium and in non equilibrium;</li> <li>• radiation detectors for mass spectrometry and time of flight;</li> <li>• simulation codes and use of network databases;</li> <li>• materials analysis and processing techniques.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p><b>Conoscenze preliminari:</b> Conoscenze di fisica generale e di fisica quantistica, di metodi matematici e di tecniche numeriche per l'analisi dati e per la simulazione</p>	<p><b>Prerequisites:</b> Knowledge of general physics and quantum physics, mathematical methods and numerical techniques for data analysis and simulation</p>

	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	MATEMATICA APPLICATA	APPLIED MATHEMATICS



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p><b>Obiettivi formativi:</b> Obiettivo del corso è far acquisire agli studenti un'adeguata conoscenza di alcune tecniche fisico-matematiche idonee alla descrizione dei sistemi fisici e che permettono di creare modelli atti a descrivere fenomeni fisici e di determinarne la soluzione.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equazioni differenziali alle derivate parziali (EDP) del primo e del secondo ordine;</li> <li>• Metodo delle caratteristiche.</li> <li>• Problemi ai valori iniziali, al contorno e di tipo misto;</li> <li>• Classificazione delle EDP, forme canoniche e integrazione;</li> <li>• Metodo di separazione delle variabili;</li> <li>• Equazioni di Laplace, Fourier, D'Alembert e Poisson; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodi numerici per l'integrazione delle EDP.</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Learning Goals:</b> The aim of the course is to provide adequate knowledge of some physical-mathematical techniques suitable for the description of physical systems, which allow to create mathematical models capable of describing physical phenomena and determining their solution.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• First and second order partial differential equations (PDE);</li> <li>• Method of characteristics.</li> <li>• Initial, boundary and mixed type problems;</li> <li>• Classification of PDE, canonical forms and integration;</li> <li>• Method of separation of variables;</li> <li>• Laplace, Fourier, D'Alembert and Poisson equations;</li> <li>• Numerical methods for the integration of PDE.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p><b>Conoscenze preliminari:</b> Conoscenza e padronanza di Analisi Matematica, Geometria, Analisi complessa, serie e trasformate integrali.</p>	<p><b>Prerequisites:</b> Knowledge and mastery of Mathematical Analysis, Geometry, Complex analysis, Fourier series and Transforms and Laplace transform.</p>
	Italiano	inglese
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	FISICA DEGLI ACCELERATORI E LORO APPLICAZIONI	ACCELERATOR PHYSICS WITH APPLICATIONS
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p><b>Obiettivi formativi:</b> Fornire le conoscenze sui principali meccanismi di accelerazione di particelle e sui principali tipi di acceleratori industriali e di ricerca. Fornire le conoscenze sulle principali applicazioni quali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• studio di reazioni indotte da particelle accelerate nell'ambito della</li> </ul>	<p><b>Learning Goals:</b> Knowledge on basic particle acceleration principles, and on industrial and research accelerators. Provide knowledge on the main applications such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• study of reactions induced by accelerated particles for scientific</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	<p>ricerca scientifica;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• utilizzo di particelle accelerate in ambito industriale per lo studio della radiochimica dei polimeri, per le procedure di sterilizzazione e per la creazione di materiali innovativi.</li> </ul>	<p>research;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• use of accelerated particles for the study of radiochemistry of polymers, for sterilization procedures and for the creation of innovative materials.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p><b>Conoscenze preliminari:</b> Conoscenze su fisica delle particelle e interazione radiazione - materia. Conoscenze sulle interazioni fondamentali. Conoscenze su campi elettromagnetici ed elettrodinamica.</p>	<p><b>Prerequisites:</b> Knowledge on particle physics, interaction between radiation and matter, fundamental interactions, electromagnetic fields and electrodynamics.</p>
<b>DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO</b>	LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE E PARTICELLARE	NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS LABORATORY
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO	ITALIANO
<b>Obiettivi Formativi</b>	<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il corso fornisce allo studente gli strumenti per progettare l'intera catena elettronica necessaria a un sistema di rivelazione di radiazioni neutre o dotate di carica elettrica, per la scrittura e l'utilizzo di software per l'acquisizione dei dati. Sono realizzate le seguenti attività formative:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• misure standard quali caratterizzazione del sistema di rivelazione, misura della <i>rate</i> di una sorgente di radiazione;</li> <li>• studio e caratterizzazione dei moderni sistemi di rivelazione, quali calorimetri elettromagnetici, tracciatori, sistemi di identificazione delle particelle e degli ioni;</li> <li>• tecniche di trattamento dei dati raccolti, quali decodifica e calibrazione;</li> <li>• uso di simulatori tipici della fisica nucleare e particellare (es. GEANT4 o librerie simili) per l'implementazione di codici utili alla</li> </ul>	<p><b>Learning Goals:</b> The course provides the students the skills to build and project the electronic chain of a radiation detection system able to measure neutral and charged particle, and data acquisition software. The following training activities are carried out:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• standard test like the ones devoted to characterizing the whole detection system, the measure of absolute rate of a radiation source;</li> <li>• study and characterization of detection systems like electromagnetic calorimeter, tracker, particle and ion identification systems will be also studied;</li> <li>• insights on method to process, decode and calibrate the detected data;</li> <li>• insights on common simulator in nuclear and particle physics (like GEANT4 or other similar) to implement simulation tool able to reproduce the behaviour of the whole detector system.</li> </ul>



**CORSO DI LAUREA IN "PHYSICS" CLASSE LM-17**  
**DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

	simulazione dell'intero apparato di misura.	
<b>Prerequisiti</b>	<b>Conoscenze preliminari:</b> Conoscenze di Fisica nucleare e interazione radiazione materia, delle tecniche di rivelazione delle radiazioni e dell'elettronica di base utilizzata nei laboratori di fisica nucleare. Fondamenti di programmazione in un linguaggio orientato agli oggetti.	<b>Prerequisites:</b> Knowledge of nuclear physics and radiation-matter interaction, of the methods to detect radiations and of the electronics used in the laboratory of nuclear physics. Fundament of programming in a objected oriented language.



**CORSO DI LAUREA IN “PHYSICS” CLASSE LM-17  
DIDATTICA PROGRAMMATA PER IL BIENNIO ACCADEMICO 2022/2023/2024**

ATTIVITA' DI TESI E PROVA FINALE	THESIS ACTIVITY AND FINAL EXAM
<b>Tipo attività formativa:</b> Prova Finale	<b>Ambito disciplinare:</b> Prova finale
<b>CFU totali:</b> 36	
<b>Obiettivi formativi:</b> La prova finale consiste nella elaborazione di una tesi originale di ricerca, da svolgere in maniera autonoma sotto la supervisione di due docenti, su una tematica di interesse e attualità per la fisica o per le sue applicazioni. L'obiettivo formativo di questa attività, attraverso la capacità di applicare conoscenza e comprensione, si propone di dimostrare la solida preparazione culturale nell'ambito della fisica classica e moderna, con particolare riferimento al curriculum scelto.  <b>Risultati apprendimento attesi:</b> Il lavoro di tesi di laurea costituisce un momento fondamentale del Corso di Laurea Magistrale in Fisica dove lo studente impara ad applicare le conoscenze acquisite per affrontare nuovi problemi. Lo studente dimostrerà di aver acquisito la buona padronanza del metodo scientifico di indagine, l'approfondita conoscenza delle moderne strumentazioni di misura e delle tecniche di analisi dei dati, l'elevata capacità di lavorare con ampia autonomia anche assumendo responsabilità di progetti e il grado di giudizio raggiunto. Inoltre, lo studente ha l'occasione di dimostrare di aver acquisito la capacità di illustrare le metodologie usate, i risultati e le ricadute della sua ricerca in ambito scientifico rivolgendosi anche ad un uditorio non esperto.	<b>Learning goals:</b> The final exam consists in the elaboration of an original research thesis, to be carried out independently under the supervision of two teachers, on a topic of interest and actuality for physics or its applications. The educational objective of this activity, through the ability to apply knowledge and understanding, aims to demonstrate the solid cultural preparation in the field of classical and modern physics, with particular reference to the chosen curriculum .  <b>Expected learning outcomes.</b> The thesis work is a fundamental moment of the Second Cycle Degree in Physics where the student learns to apply the acquired knowledge to face new problems. The student will demonstrate that he has acquired a good command of the scientific method of investigation, an in-depth knowledge of modern measuring instruments and data analysis techniques, the high ability to work with broad autonomy also assuming responsibility for projects and the degree of judgment reached. In addition, the student has the opportunity to demonstrate that he has acquired the ability to illustrate the methodologies used, the results and the repercussions of his research in the scientific field, also addressing a non-expert audience.