

MANIFESTO DEGLI STUDI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA/PHYSICS

Classe LM-17 delle Lauree in "Fisica"

Anno Accademico 2020-2021

Il Corso di Laurea Magistrale.

E' attivato presso il Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della Terra dell'Università di Messina il Corso di Laurea Magistrale (CLM) in "Fisica/Physics", della classe LM-17 "Fisica", di cui al DM 16 Marzo 2007.

Il CLM in "Fisica/Physics" ha l'obiettivo di assicurare al laureato magistrale un'elevata preparazione scientifica e operativa nei diversi settori della fisica, conformemente agli obiettivi formativi qualificanti che caratterizzano la classe LM-17 delle Lauree Magistrali in "Fisica". In particolare, il laureato magistrale in Fisica avrà acquisito:

- a) una solida preparazione culturale nell'ambito della fisica classica e moderna e una buona padronanza del metodo scientifico di indagine;
- b) un'approfondita conoscenza delle moderne strumentazioni di misura e delle tecniche di analisi dei dati;
- c) un'approfondita conoscenza di strumenti matematici e informatici di supporto;
- d) una elevata preparazione scientifica e operativa nelle discipline che caratterizzano il Corso di Laurea Magistrale;
- e) una buona conoscenza, in forma scritta e orale, di almeno una lingua dell'Unione Europea oltre all'Italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari;
- f) una elevata capacità di lavorare con ampia autonomia anche assumendo responsabilità di progetti e strutture.

L'organizzazione didattica del CLM in "Fisica" prevede tre differenti indirizzi,

- (a) **Condensed Matter Physics**, erogato in lingua inglese, finalizzato a conseguire una solida preparazione sulle principali tecnologie e metodologie della Fisica della Materia Condensata;
- (b) **Fisica Applicata**, erogato in lingua italiana, finalizzato a conseguire una solida preparazione sulle principali tecnologie e metodologie della Fisica applicata nel settore della Biofisica e Fisica Medica;
- (c) **Fisica Nucleare e Particellare**, svolto in lingua italiana, finalizzato ad acquisire una solida preparazione sulle principali tecnologie e metodologie della Fisica Nucleare e Subnucleare.

La formazione dei laureati magistrali in Fisica consente un ampio articolazione spettro di sbocchi occupazionali in ambiti ad alto contenuto scientifico, tecnologico e culturale, correlati alle discipline fisiche. In particolare: Istituti di Ricerca ed Enti di Ricerca in generale, Università, Centri di Formazione, settori dell'Industria e della produzione di beni ad alto contenuto tecnologico, Sanità, Pubbliche Amministrazioni, Scuola e Beni Culturali, Consorzi per lo Sviluppo, Enti pubblici e privati per il controllo e la tutela dell'ambiente e del territorio. Inoltre, il curriculum in lingua inglese permette di operare anche a livello internazionale in particolar modo in campo accademico e nella ricerca.

Utili informazioni sul CLM possono essere reperite anche sul sito:

<http://www.unime.it/it/CLM/lm-fisica>

Durata ed articolazione del Corso.

La durata del CLM in Fisica è di due anni per complessivi 120 Crediti Formativi Universitari (CFU). Ogni anno di corso è articolato in due semestri al cui termine sono previste prove valutative in forma scritta e/o orale. L'impegno orario annuale dello studente, comprensivo dello studio individuale, è variabile in funzione del differente impegno richiesto allo studente nei due anni del corso. L'impegno orario annuale dell'attività di didattica frontale e di laboratorio corrisponde ai CFU attribuiti ai vari insegnamenti in ragione della tipologia degli stessi secondo le indicazioni seguenti:

Tipologia del corso	CODICE	ORE/CFU
LEZIONI	LEZ	6
ESERCITAZIONI	ESE	12
LABORATORIO	LAB	12

Il piano degli insegnamenti previsti, sinteticamente schematizzato per i tre percorsi curriculari è di seguito riportato.

**CONDENSED MATTER PHYSICS
FIRST YEAR**

COURSE	T.A.F.	CFU	SSD	Period	Tipologia CFU	Num. ore	Numero Esami
A000222 - ADVANCED QUANTUM PHYSICS	B	6	FIS/02	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
8204 - DATA ANALYSIS	B	6	FIS/01	I	LEZ (2) LAB (4)	60	1
8207 - SOLID STATE PHYSICS	B	6	FIS/03	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
8209 - STATISTICAL PHYSICS	B	6	FIS/03	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
8205 - FURTHER LANGUAGE SKILLS	F	4	L-LIN/12	I	LAB (4)	48	
8203 - LABORATORY	B	6	FIS/01	II	LEZ (4) ESE (2)	48	1
8215 - LIQUID STATE PHYSICS	B	6	FIS/03	II	LEZ (4) ESE (2)	48	1
A000223 NANOPHYSICS & NANOTECHNOLOGY	B	6	FIS/03	II	LEZ (4) ESE (2)	48	1
8194 - APPLIED MATHEMATICS	C	6	MAT/07	II	LEZ (6)	36	1
Totale		52					8

SECOND YEAR

8210 - MATERIAL PHYSICS LABORATORY	B	6	FIS/01	I	LEZ (5) ESE (2)	48	1
8208 - MICRO-OPTO ELECTRONIC DEVICES	B	6	FIS/01	I	LEZ (5) ESE (2)	48	1
8216 - COMPUTATIONAL PHYSICS	B	6	FIS/03	I	LEZ (5) ESE (2)	48	1
Un corso a scelta fra: <ul style="list-style-type: none"> • 8213 - SPINTRONICS • 8217 - ADVANCED CHEMISTRY 	C	6	ING-IND 31	I	LEZ (7)	48	1
	C		CHEM/03		LEZ (7)		
Attività a scelta libera		8					
Totale		32					4
A000230 - MASTER THESIS 30 CFU			A000231 - FINAL EXAM 6 CFU				

**FISICA APPLICATA
PRIMO ANNO**

Insegnamento	T.A.F.	CFU	SSD	Semestre	Tipologia CFU	Num. ore	Numero Esami
928 - FISICA QUANTISTICA	B	6	FIS/02	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
A000224 - FONDAMENTI DI FISICA BIOMEDICA E SANITARIA	B	6	FIS/07	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
A000233 - ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI	B	6	FIS/03	I	LEZ (5) ESE (2)	60	1
A000225 - TEORIA E SIMULAZIONE DELLA MATERIA SOFFICE	B	6	FIS/03	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
7396 - ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE	E	4	L-LIN/12	I	LAB (4)	48	
5133 - BIOFISICA	B	6	FIS/01	II	LEZ (4) ESE (2)	48	1
7969 – LABORATORIO DI MISURE	B	6	FIS/01	II	LEZ (2) LAB (4)	60	1
A000226 - BIOMATERIALI	B	6	FIS/03	II	LEZ (4) ESE (2)	48	1
1654 - CHIMICA AVANZATA	C	6	CHIM/03	II	LEZ (4) ESE (2)	48	1
Totale		52					8

SECONDO ANNO

4009 - MODELLI MATEMATICI PER SISTEMI BIOLOGICI	C	6	MAT/07	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
1616 - LABORATORIO DI FISICA APPLICATA	B	6	FIS/07	I	LEZ (2) ESE (4)	60	1
A000235 - MISURE FISICHE NELLA RADIOPROTEZIONE AMBIENTALE E SANITARIA	B	6	FIS/07	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
A000240 - FISICA DEGLI ACCELERATORI E LORO APPLICAZIONI	B	6	FIS/04	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
Attività a scelta libera		8					
Totale		32					4
A000236 - ATTIVITA' DI TESI 30 CFU			5555 - PROVA FINALE 6 CFU				

FISICA NUCLEARE E PARTICELLARE PRIMO ANNO							
Insegnamento	T.A.F.	CFU	SSD	Semestre	Tipologia CFU	Num. ore	Numero Esami
928 - FISICA QUANTISTICA	B	6	FIS/02	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
7968 - ANALISI DATI	B	6	FIS/01	I	LEZ (2) LAB (4)	60	1
A000245 - INTERAZIONE DI RADIAZIONI CON LA MATERIA, PLASMI E TECNICHE DIAGNOSTICHE	B	6	FIS/01	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
A000227 - TEORIA DELLE REAZIONI NUCLEARI	B	6	FIS/04	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
7396 - ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE	F	4	L-LIN/12	I	LEZ (3)	48	
7969 – LABORATORIO DI MISURE	B	6	FIS/01	II	LEZ (2) LAB (4)	60	1
A000228 - FISICA NUCLEARE E PARTICELLARE	B	6	FIS/04	II	LEZ (4) ESE (2)	48	1
7991 - CINEMATICA RELATIVISTICA	B	6	FIS/04	II	LEZ (4) ESE (2)	48	1
4141 - MATEMATICA APPLICATA	C	6	MAT/07	II	LEZ (6)	36	1
Totale		52					8

SECONDO ANNO

A000243 - LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE E PARTICELLARE	B	6	FIS/01	I	LEZ (2) LAB (4)	60	1
A000235 - MISURE FISICHE NELLA RADIOPROTEZIONE AMBIENTALE E SANITARIA	C	6	FIS/07	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
A000240 - FISICA DEGLI ACCELERATORI E LORO APPLICAZIONI	B	6	FIS/04	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
8208 - MICRO-OPTO ELECTRONIC DEVICES	B	6	FIS/01	I	LEZ (4) ESE (2)	48	1
Attività a scelta libera		8					
Totale		32					4
A000236 - ATTIVITA' DI TESI 30 CFU			5555 - PROVA FINALE 6 CFU				

Le discipline attivate si prefiggono gli obiettivi riportati in Allegato A.

Discipline articolate in moduli.

Non sono previsti insegnamenti articolati in moduli distinti che insistono su diverse semestralità nell'ambito del CLM in Fisica.

Frequenza e Propedeuticità.

La frequenza alle lezioni sia frontali che di laboratorio è fortemente consigliata ma non obbligatoria, non sono previste propedeuticità tra le varie discipline. Si segnala comunque l'importanza che gli esami vengano affrontati seguendo l'ordine con cui le varie discipline sono proposte nell'organizzazione degli studi.

Il periodo didattico di svolgimento delle lezioni, degli esami e della prova finale sono stabiliti dal Calendario didattico approvato annualmente e consultabile sul sito web istituzionale del Dipartimento <http://www.unime.it/it/CLM/Im-fisica/attivita-didattica/orario-lezioni>

Tutorato.

Il Consiglio del CLM provvede ad assegnare ad ogni nuovo iscritto al CLM un tutor, docente del CLM, che lo seguirà per tutta la durata del corso.

Modalità di ammissione.

Le modalità di ammissione al corso di Laurea Magistrale in Fisica sono stabilite nel Regolamento Didattico del Corso di laurea (Art.5).

La domanda di ammissione al corso di laurea viene effettuata utilizzando la procedura “preiscrizione on-line” installata sul sito www.unime.it sezione studenti dell’Università degli studi di Messina, nel periodo Maggio 2020 – Settembre 2020.

Studenti a tempo parziale.

E' prevista l'iscrizione di studenti part-time/lavoratori, per i quali si predisporrà un percorso formativo alternativo.

Piano di studio.

La scelta delle varie attività formative curriculari e i dettagli sul tirocinio formativo (art.11 del Regolamento) vengono scelte dallo studente. All’inizio di ogni anno accademico di riferimento lo studente comunica il piano di studio prescelto al Consiglio di Corso di Laurea che ne valuta la coerenza didattica al percorso proposto.

Gli studenti che intendono seguire il percorso formativo “Condensed Matter Physics”, erogato in lingua inglese, già in possesso dell’opportuna certificazione linguistica (livello B2) accederanno agli insegnamenti tenuti in lingua inglese sin dal primo semestre.

L’insieme delle attività formative deve comportare l’acquisizione di un numero di CFU non inferiore a 120. Lo studente può sostenere esami per insegnamenti aggiuntivi, ed i relativi CFU rimarranno registrati nella carriera dello studente.

Articolazione dei semestri.

Ciascun anno di corso è suddiviso in due semestri. Tutti gli insegnamenti si svolgono nell’ambito del singolo semestre.

Sessioni di esami di profitto.

Il periodo didattico di svolgimento delle lezioni, degli esami e della prova finale sono stabiliti dal Calendario didattico approvato annualmente è consultabile sul sito web istituzionale del Dipartimento nella sezione Didattica (<http://www.unime.it/it/dipartimenti/mift>). Il numero degli appelli e la loro distribuzione temporale è consultabile sul sito web istituzionale del Dipartimento.

L’intervallo tra due appelli successivi non potrà essere di norma inferiore a due settimane evitando la sovrapposizione con i periodi di lezioni. Gli esami superati su materie a scelta diverse da quelle consigliate in questo Manifesto, e pertanto disponibili solo presso altri Corsi di Laurea, consentono l’acquisizione di un massimo di 8 crediti. Le varie attività a scelta libera dello studente rientrano anche in detto massimo di 8 CFU.

Sono inoltre calendarizzati due appelli di esame di profitto riservati agli studenti fuori corso e cosiddetti “assimilati” (ovvero quelli studenti che hanno concluso le frequenze dei loro corsi ma non ancora iscritti al primo anno fuori corso) uno nel I semestre e l’Altro nel II semestre. Tali appelli riservati saranno calendarizzati nei mesi in cui non sono previsti appelli di esame di profitto “ordinari”.

Sessioni di laurea.

Le date in cui sono previste le sessioni di laurea sono stabiliti dal Calendario didattico approvato annualmente e consultabile sul sito web istituzionale del Dipartimento (<http://www.unime.it/it/dipartimenti/mift>) nella sezione Didattica.

Conseguimento della laurea magistrale.

Per conseguire la Laurea Magistrale in “Fisica/Physics” lo studente deve avere acquisito tutti i crediti previsti dal presente Manifesto, ad eccezione di quelli assegnati alla prova finale.

Le modalità di ammissione a sostenere la prova finale, lo svolgimento e il criterio di valutazione dell’elaborato finale sono stabiliti nel Regolamento Didattico del Corso di Laurea (art. 13).

Lo svolgimento degli esami finali di Laurea Magistrale è pubblico, così come pubblico è l'atto della proclamazione del risultato finale. La modalità di svolgimento dell'esame finale prevede la presentazione della tesi, anche mediante supporto multimediale, e una discussione anche con domande rivolte allo studente.

Per le modalità non comprese in questo manifesto si rimanda alla normativa vigente, in particolare ai regolamenti didattici di Ateneo e del CLM.

LM17 – CONDENSED MATTER PHYSICS – FIRST YEAR

Insegnamento di: FISICA QUANTISTICA AVANZATA	Denominazione inglese insegnamento: ADVANCED QUANTUM PHYSICS	Anno: 2020/2021 First year First period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/02
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: Conoscenze di base della meccanica quantistica, delle regole di selezione, e della teoria della relatività speciale. Conoscenze delle trasformate di Fourier, degli spazi vettoriali a dimensioni infinite e di analisi complessa.		Prerequisites: 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.
Obiettivi formativi: 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: <ul style="list-style-type: none"> • Stati <i>entangled</i>, paradosso EPR e disuguaglianza di Bell • Invarianza di gauge e simmetrie • Teoria quantistica di sistemi di particelle identiche • Teoria quantistica dello scattering • Seconda quantizzazione dei sistemi fisici costituiti da bosoni e da fermioni • Equazioni quantistiche relativistiche per particelle a spin 0, spin 1 e spin $\frac{1}{2}$. 		Learning Goals: Knowledge of the relativistic quantum mechanics and of systems of identical particles. The following topics are essential: <ul style="list-style-type: none"> • entangled states, EPR Paradox and Bell's inequality • gauge invariance and symmetries • quantum theory of systems consisting of identical particles. • quantum scattering theory • second quantization of systems of identical bosons and identical fermions • relativistic quantum wave equations for spin 0, spin 1 and spin $\frac{1}{2}$ particles
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Knowledge and in-depth understanding of concepts and main results of modern quantum mechanics. Know how to use and apply the methods of quantum mechanics to problems in various areas of physics. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to develop appropriate learning skills to allow them to independently investigate major issues, techniques and methods of discipline especially in the workplace in which they will operate. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and modelling of the studied physical systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: Ability to address problems in Advanced Quantum Physics, analysing limits and validity of the approximations made in the resolution of the problems, consulting with profit the available scientific literature.	

Insegnamento di: ANALISI DATI	Denominazione inglese insegnamento: DATA ANALYSIS	Anno: 2020/2021 First year First period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/01
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 2 CFU Esercitazioni o Laboratorio:4		Ore di Lezione: 12 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 48
Conoscenze preliminari: Familiarità con le tecniche di programmazione, con i software di analisi dati e la visualizzazione grafica. Analisi di Fourier. Conoscenze di analisi statistica, calcolo delle probabilità e di tecniche di programmazione orientata agli oggetti.		Prerequisites: Familiarity with programming tools, with data analysis software and graphic visualization. Fourier analysis. Statistical analysis, probability calculation, object-oriented programming.
Obiettivi formativi: 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: <ul style="list-style-type: none"> • proprietà di trasporto ed ottiche in solidi e fluidi; • procedure di fitting di dati sperimentali; • simulazione di nanostructure; • fenomeni oscillatori/ondulatori con trasformata di Fourier. 		Learning Goals: 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: <ul style="list-style-type: none"> • transport and optical properties of solid and fluids; • curve fitting of experimental data; • computational modeling of nanostructures; • oscillatory/wave phenomena by Fourier transform.
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Ability of model fitting to experimental data. In details, application of mathematical models available to describe experimental results, extension beyond the numerical minimization of statistical estimators, like the chi-square, in the model's parameter space. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Development of appropriate physical methodologies, using advanced mathematical tools, methods for modelling systems or problems of interest for various technological fields. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: The course provides useful elements for the comprehensive knowledge and skills in data acquisition and treatment methodologies.	

Insegnamento di: FISICA DELLO STATO SOLIDO	Denominazione inglese insegnamento: SOLID STATE PHYSICS	Anno: 2020/2021 First year First period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/03
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio:2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: 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		Prerequisites: 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
Obiettivi formativi: Basato sulle conoscenze della meccanica quantistica, il corso intende fornire conoscenze sulle proprietà elettroniche, ottiche e di trasporto nei solidi. I seguenti argomenti sono essenziali: <ul style="list-style-type: none"> • Simmetria di traslazione e funzioni d'onda di Bloch • Teoria a bande • Interazioni elettrone-nucleo e vibrazioni del reticolo • Proprietà ottiche e di trasporto • Proprietà magnetiche 		Learning Goals: Founded on quantum mechanics, the course aims to provide knowledge related to electronic, optical, and transport properties of solids. The following topics are essential: <ul style="list-style-type: none"> • Translational symmetry and Bloch wavefunctions • Band theory of crystals • Electron-nuclei interaction and lattice vibrations • Optical and transport properties of solids • Magnetic properties
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Acquisition of basic knowledge and some advanced topics of this discipline. Being able to justify some approximation useful to comprehension of solid-state properties. Ability to independently investigate theoretical and practical developments for the study of specific classes of materials used in high-tech devices. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Ability to consult with profit the available scientific literature. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: Ability to address problems in the theoretical approach of solid-state physics, analysing limits and validity of the approximations. Aptitude to analyse and schematize problems with models capable to best describe the properties of the investigated physical system.	

Insegnamento di: FISICA STATISTICA	Denominazione inglese insegnamento: STATISTICAL PHYSICS	Anno: 2020/2021 First year First period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/03
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio:2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: 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		Prerequisites: 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.
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire conoscenze sui sistemi fisici complessi. I seguenti argomenti sono essenziali: <ul style="list-style-type: none"> • Matrice densità e meccanica statistica quantistica • Teorie di campo medio e fenomeni critici • Superconduttività • Condensazione di Bose-Einsten e superfluidità • Moto browniano e trasporto in sistemi disordinati • Metodo di Feynman con l'integrale di percorso • Gruppo di rinormalizzazione e teoria dello scaling 		Learning Goals: The course aims to provide knowledge related to complex physics systems. The following topics are essential: <ul style="list-style-type: none"> • Density matrix and quantum statistical mechanics • Mean-field theories and critical phenomena • Superconductivity • Bose -Einsten condensation and superfluidity • Brownian motion and transport in disordered systems • Feynman path integral • The renormalization group approach and the scaling theory
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Ability for determining the statistical properties of a complex system based on the behaviour of its microscopic constituents. Ability to analyse emerging phenomena such as phase transitions and critical phenomena. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Being aware of the statistical character of the macroscopic behaviour. Being able to explain, in physical terms, the fundamental notions of the discipline. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: Ability to describe with terminological precision the physics of complex systems as well as to present them with adequate communication skills. Ability to identify and consult with profit the available scientific literature.	

Insegnamento di: ULTERIORI COMPETENZE LINGUISTICHE	Denominazione inglese insegnamento: FURTHER LANGUAGE SKILLS	Anno: 2020/2021 First year First period
Tipo attività formativa: Ulteriori conoscenze linguistiche		Settorescientifico-disciplinare: L-LIN/12
CFU totali: 4 CFU Lezioni: 0 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 4		Ore di Lezione: 0 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 48
Conoscenze preliminari: Conoscenza della lingua inglese con un livello di competenza pari al B2.		Prerequisites: Knowledge of the English language with a level of competence equal to B2.
Obiettivi formativi: Fornire ulteriori competenze linguistiche relative sia al lessico comune che al linguaggio scientifico.		Learning Goals: Provide additional language skills related to both common vocabulary and scientific language.
Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)	Conoscenza e comprensione: Abilità nel conoscere e comprendere la differenza fra i termini del lessico comune e quelli del linguaggio scientifico. Abilità nel comprendere il parlato anche da persone di lingua madre non inglese. Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di identificare con sufficiente chiarezza il destinatario del messaggio scientifico per decidere se privilegiare terminologia o lessico comune. Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza, capacità di leggere articoli scientifici e capacità verbale di esprimere concetti correttamente e senza incertezze Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere argomenti fondamentali dell'area Fisica, per poter collaborare con gruppi internazionali Capacità di apprendimento: Capacità di scrivere, predisporre relazioni, comprendere, parlare e discutere in lingua inglese con termini appropriati	
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Ability to know and understand the difference between the terms of common vocabulary and those of scientific language. Ability to understand spoken language also by non-English native speakers. Applying knowledge and understanding: Ability to identify with sufficient clarity the recipient of the scientific message to decide whether to privilege common terminology or lexicon. Ability to understand spoken language also by non-English native speakers. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge, capacity to read scientific papers and verbal ability to express concepts correctly and smoothly. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing about fundamental topics of Physics area, to be able to work with international groups Lifelong learning skills: Ability to write, report, understand, speak and discuss in English with appropriate terms	

Insegnamento di: LABORATORIO	Denominazione inglese insegnamento: LABORATORY	Anno: 2020/2021 First year Second period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/01
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 2 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 4		Ore di Lezione: 12 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 48
Conoscenze preliminari: Conoscenze di base di fisica e laboratorio, capacità di utilizzo degli strumenti di calcolo informatico, competenze sul trattamento dei dati sperimentali.		Prerequisites: Basic knowledge of physics and laboratory, ability to use computing tools, skills on the treatment of experimental data.
Obiettivi formativi: 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: <ul style="list-style-type: none"> • acquisizione, trattamento e conversione di segnali; • digitalizzazione dei dati (DAC/ACD), riduzione del rumore e lock-in; • misura della temperatura e criogenia; • tecniche di vuoto, tecniche di base in spettroscopia; • fondamenti sulla microscopia e spettroscopia sub-diffrattiva: STED, PALM, STORM • micro-movimentazione e posizionamento, piezo-dispositivi; 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.		Learning Goals: 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: <ul style="list-style-type: none"> • acquisition, treatment and conversion of signals, digitization of data (DAC / ACD), noise reduction and the lock-in technique; • measurement of temperature and cryogenics; • vacuum techniques, the basic techniques in spectroscopy and related instrumentation. • notes on sub-diffraction microscopy and spectroscopy: STED, PALM, STORM; • notes on NMR techniques; • Micro-movement and positioning, piezo devices. 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.
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Ability to identify specific investigation techniques and adequate instrumentation in relation to the characteristics of the physical problem. Ability to use specialist equipment. Critical ability to process experimental data and evaluate their confidence range. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to analyse and summarize the problems related to experimental measurements, ability to self-update on the evolution of experimental techniques, ability to formulate autonomous assessments of experimental results, ability to work in a group and communicate scientific results with in-depth analysis appropriate to the target audience. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: Acquisition and consolidation of specific knowledge about the structure of condensed matter fundamentals to approach R&S activities. The acquired skills give access to postgraduate courses: doctorate or master.	

Insegnamento di: FISICA DELLO STATO LIQUIDO	Denominazione inglese insegnamento: LIQUID STATE PHYSICS	Anno: 2020/2021 First year Second period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/03
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio:2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: Sono richieste conoscenze sugli argomenti fondamentali di termodinamica classica e di fisica statistica.		Prerequisites: Knowledge of the foundations of classical thermodynamics and statistical physics is required.
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire conoscenze sulle proprietà di liquidi semplici e complessi. I seguenti argomenti sono fondamentali: <ul style="list-style-type: none"> • Proprietà termodinamiche, strutturali e di trasporto nei liquidi; • Descrizione statistica di un sistema macroscopico all'equilibrio; • Caratterizzazione e misura del grado di ordine/disordine in un mezzo materiale non cristallino • Modelli teorici per liquidi semplici e complessi • Transizioni di fase • Fenomeni critici 		Learning Goals: The course aims to provide knowledge related to the properties of simple and complex liquids. The following topics are essential: <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamic, structural and transport properties of liquids • Statistical description of a macroscopic system at equilibrium • Characterization and measurement of the degree of order/disorder in a non-crystalline material • Theoretical models of simple and complex liquids • Energy and entropy driven phase transitions in liquids • Critical phenomena
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Knowing how the equilibrium properties of a homogeneous liquid are related to the spatial correlations between the particles. Understanding the effects of temperature and pressure on the stability of the liquid phase. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Being able to explain, in physical terms, the fundamental notions of the discipline. Ability to identify and consult with profit the available scientific literature. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: Ability to describe with terminological precision the physics of liquids and ability to present them with adequate communication skills. Ability to analyse problems with models capable to better describe the properties of the investigated physical system.	

Insegnamento di: NANO-FISICA E NANO-TECNOLOGIA	Denominazione inglese insegnamento: NANOPHYSICS AND NANOTECHNOLOGY	Anno: 2020/2021 First year Second period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/03
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio:2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: Sono richieste conoscenze di meccanica quantistica e di fisica dello stato solido.		Prerequisites: Knowledge of quantum mechanics and solid-state physics are required.
Obiettivi formativi: Il corso di propone di fornire conoscenze sulle proprietà dei materiali alla nanoscala. Fondamentali sono i seguenti argomenti: <ul style="list-style-type: none"> • Proprietà ottiche ed elettroniche alla nanoscala; • Punti e pozzi quantici, nanotubi; • Cristalli fotonici e superstrutture; • Tecniche top-down e bottom-up; • Microscopia, spettroscopia e altre tecniche analitiche per materia alla nanoscala; • Funzionalizzazione. 		Learning Goals: The course aims to provide knowledge related to the properties of materials at nanoscale. The following topics are essential: <ul style="list-style-type: none"> • Optical and electronic properties of matter at the nanoscale; • Quantum dots, nanotubes and quantum wells; • Photonic crystals and superstructures; • Top down and bottom up techniques; • Microscopy, spectroscopy and other analytical techniques on the nanoscale; • Functionalization.
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Knowing how to project a simple nanostructured material. Being able to explain the working principle of the analytical techniques used for the study of nanoscale materials. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: Detailed knowledge of current physical problems related to the development and production of high-tech nanomaterials. Communication skills of the topics of the course, even to an inexperienced public.	

Insegnamento di: MATEMATICA APPLICATA	Denominazione inglese insegnamento: APPLIED MATHEMATICS	Anno: 2020/2021 First year Second period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: MAT/07
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 6 CFU Esercitazioni o Laboratorio:0		Ore di Lezione: 36 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 0
Conoscenze preliminari: Conoscenza e padronanza di Analisi Matematica, Geometria, Analisi complessa, serie e trasformate integrali.		Prerequisites: Knowledge and mastery of Mathematical Analysis, Geometry, Complex analysis, Fourier series and Transforms and Laplace transform.
Obiettivi formativi: 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. <ul style="list-style-type: none"> • Equazioni differenziali alle derivate parziali (EDP) del primo e del secondo ordine; • Metodo delle caratteristiche. • Problemi ai valori iniziali, al contorno e di tipo misto; • Classificazione delle EDP, forme canoniche e integrazione; • Metodo di separazione delle variabili; • Equazioni di Laplace, Fourier, D'Alembert e Poisson; Metodi numerici per l'integrazione delle EDP.		Learning Goals: 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. <ul style="list-style-type: none"> • First and second order partial differential equations (PDE); • Method of characteristics. • Initial, boundary and mixed type problems; • Classification of EDP, canonical forms and integration; • Method of separation of variables; • Laplace, Fourier, D'Alembert and Poisson equations; • Numerical methods for the integration of PDE.
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Knowledge and skills in the use of physical-mathematical techniques applicable to various areas of physics. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to develop the communication skills necessary to evaluate the most suitable mathematical approach to tackle problems in the physical field. Ability to create models, describe and solve mathematical problems that come from real phenomena. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: Ability to safely use advanced mathematical tools and methods for the representation, modelling and analysis of physical processes.	

LM17 – CONDENSED MATTER PHYSICS – SECOND YEAR

Insegnamento di: LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA	Denominazione inglese insegnamento: MATERIAL PHYSICS LABORATORY	Anno: 2020/2021 Second year First period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/01
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 2 CFU Esercitazioni o Laboratorio:4		Ore di Lezione: 12 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 48
Conoscenze preliminari: Conoscenze approfondite di elettromagnetismo e struttura della materia		Prerequisites: In-depth knowledge of electromagnetism and structure of matter.
Obiettivi formativi: 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 spazio-temporali.		Learning Goals: 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.
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: At the end of the course, the students will be able to perform a complete spectroscopic experiment, starting from the collection of the measurements to the critical elaboration and interpretation of the obtained data. In particular, they will learn to perform correctly experiments of Fourier Transform Infrared absorbance spectroscopy, Raman scattering and X-ray fluorescence. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. The sound hands-on laboratory training will allow the student to achieve advanced capabilities in equipment handling and experimental problem solving. This acquired experimental autonomy will be related to the skills and abilities pertaining to the communicative, relational, implementation and managerial areas. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: The course provides useful elements for the insertion of the master's degree student in the workplace, where professional technical skills (hard skills), as well as transversal ones (soft skills), are fundamental for the insertion into the working world as qualified figures in the field of applied physical technologies.	

Insegnamento di: DISPOSITIVI MICRO-OPTO ELETTRONICI	Denominazione inglese insegnamento: MICRO-OPTO ELECTRONICS DEVICES	Anno: 2020/2021 Second year First period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/01
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio:2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: Conoscenze sugli argomenti trattati nel primo anno del corso di laurea.		Prerequisites: Knowledge of the topic covered in the modules of the first year.
Obiettivi formativi: 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"> • Dispositivi microelettronici: a giunzione pn, transistor (BJT, FET, MOSFET) • Proprietà optoelettroniche dei semiconduttori • Apparecchi optoelettronici: guide d'onda, diodi emettitori di luce, dispositivi ad emissione stimolata, fotorilevatori e sensori d'immagine, dispositivi fotovoltaici • Dispositivi ottici non lineari 		Learning Goals: 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"> • Microelectronic devices: pn-junction, transistors (BJT, FET, MOSFET) • Optoelectronic properties of semiconductors • Optoelectronic devices: waveguides, light emitting diodes, stimulated emission devices, photodetectors and image sensors, photovoltaic devices • Nonlinear optical devices
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Ability to explain the working principle of the opto-electronic devices used in research and industry company. Analytical, design and simulation capability of circuits employing the studied devices. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Ability to develop appropriate learning skills to allow them to independently investigate major issues, techniques and methods of discipline especially in the workplace in which they will operate. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: The discipline provides those elements that are useful for the graduate in Physics for collaborating within work groups and in industry of micro-electronics.	

Insegnamento di: FISICA COMPUTAZIONALE	Denominazione inglese insegnamento: COMPUTATIONAL PHYSICS	Anno: 2020/2021 Second year First period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/03
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio:2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: 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		Prerequisites: 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.
Obiettivi formativi: 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: <ul style="list-style-type: none"> • Efficienza degli algoritmi, casualità, prevedibilità • Misure di complessità • Dinamica non lineare • Scaling, distribuzioni di potenza • Frattali • metodo di Monte-Carlo • Dinamica molecolare • Introduzione al metodo Car-Parrinello 		Learning Goals: 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: <ul style="list-style-type: none"> • Algorithms efficiency, randomness, predictability • Measures of complexity • Non-linear dynamics • Scaling, power-law distributions • Fractals • Monte-Carlo method • Molecular Dynamics • Introduction to the Car-Parrinello method
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Acquiring the following skills: <ul style="list-style-type: none"> • Writing and executing a scientific program • Realizing the numerical simulation of a physical system • Analysing, visualizing and interpreting the results of simulation Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Being able to build models of phenomena and situations, identifying the elements that are essential to realize a simple but effective description. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: Ability to simulate a physical phenomenon by using a computer, putting in relation simulation results with experimental data and theoretical predictions.	

Insegnamento di: CHIMICA AVANZATA	Denominazione inglese insegnamento: ADVANCED CHEMISTRY	Anno: 2020/2021 Second year First period
Tipo attività formativa: Affine/Integrativa – OPZIONALE		Settorescientifico-disciplinare: CHIM/03
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: Conoscenze di base di chimica, matematica e fisica		Prerequisites: Knowledge of basic chemistry as well as mathematics and physics.
Obiettivi formativi: 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: <ul style="list-style-type: none"> • comprensione e descrizione delle strutture molecolari; • formazione di aggregati poliatomici (aggregati); • caratterizzazione e descrizione di sistemi poliatomici (molecole e aggregati); • correlazione tra struttura e proprietà dei sistemi poliatomici; • stabilità e reattività chimica di molecole e aggregati; esempi significativi di materiali. 		Learning Goals: 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: <ul style="list-style-type: none"> • understanding and descriptions of molecular structures; • formation of polyatomic aggregates (aggregates); • characterization and description of polyatomic systems (molecules and aggregates); • correlation between structure and properties of polyatomic systems; • stability and chemical reactivity of molecules and aggregates; significant examples of materials.
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: Rationalization of the chemical and physical properties of matter (in the condensed state) according to their intimate structure in order to understand their close correlation, a fundamental aspect in the description and understanding of the aggregates and the phenomena that involve them. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Awareness of the complementarity of the chemical and physical approach in the study of matter and its properties to have a complete multidisciplinary view of the characterization of condensed matter and the correlation of its internal structure with the corresponding physical and chemical properties. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and modelling of the studied systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: Know-how on the analysis and description of the materials from the chemical point of view, complementary to the physical, allows a comprehensive overview. This multidisciplinary approach to physical problems allows to interact or cooperate synergistically in composite research groups both in design and application.	

Insegnamento di: SPINTRONICA	Denominazione inglese insegnamento: SPINTRONICS	Anno: 2020/2021 Second year First period
Tipo attività formativa: Disciplina affine ed integrativa		Settorescientifico-disciplinare: ING-IND/31
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: Conoscenza di analisi matematica reale e complessa, nonché di tecniche analitiche e numeriche per la risoluzione di equazioni differenziali. Conoscenze di base di informatica.		Prerequisites: Knowledge of real and complex mathematical analysis, as well as analytical and numerical techniques for solving differential equations. Basic knowledge of computer science.
Obiettivi formativi: 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: <ul style="list-style-type: none"> • energia micromagnetica, • origine dei domini magnetici. • solitoni magnetici • trasporto in valvole di spin • Giunti di tunnel magnetici • effetto spin-hall • modellazione di materiali antiferromagnetici • isolanti topologici e applicazioni. 		Learning Goals: 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: <ul style="list-style-type: none"> • micromagnetic energy, • origin of magnetic domains. • magnetic solitons • transport in spin valves • magnetic tunneling joints • spin-hall effect • modelling of antiferromagnetic materials • topological insulators and applications.
Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)	Knowledge and understanding: The student will be able to deal autonomously with complex problems concerning magnetism and Spintronics. Ability to design spintronic devices. Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Competence on the topics covered and ability to communicate the salient aspects of the discipline in a correct way even to an inexperienced public. Ability to analyze, design and realize a project. Ability to collaborate in work-teams. Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and modelling of the studied systems. Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline. Lifelong learning skills: Knowledge needed to address modeling problems in the field of Spintronics of interest for microelectronic industry.	

Prova Finale	Final Examination
Tipo attività formativa: Prova Finale	Ambito disciplinare: Prova finale
CFU totali: 36	
Obiettivi formativi: 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.	Learning goals: 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 .
Risultati apprendimento attesi: 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 auditorio non esperto.	Expected learning outcomes 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.

LM17 – FISICA APPLICATA – PRIMO ANNO

Insegnamento di: FISICA QUANTISTICA	Denominazione inglese insegnamento: QUANTUM PHYSICS	Anno: 2020/2021 First year First period
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settore scientifico-disciplinare: FIS/02
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: Conoscenza dei fondamenti della meccanica quantistica, delle regole di selezione e della relatività speciale. Conoscenza delle trasformate di Fourier, degli spazi vettoriali a dimensioni infinite e dei metodi di analisi complessa		Prerequisites: 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.
Obiettivi formativi: Il corso di propone di fornire conoscenza sulla meccanica quantistica relativistica e sui sistemi di particelle identiche. I seguenti argomenti sono essenziali: <ul style="list-style-type: none"> • Stati entangled, paradosso EPR e disuguaglianza di Bell • Invarianze di gauge e simmetria • Teoria quantistica di sistemi di particelle identiche • Teoria quantistica dello scattering • Seconda quantizzazione di sistemi di bosoni e fermioni identici • Equazione d'onda quantistica relativistica per particelle a spin 0, spin $\frac{1}{2}$ e spin 1. 		Learning Goals: Knowledge of the relativistic quantum mechanics and of systems of identical particles. The following topics are essential: <ul style="list-style-type: none"> • entangled states, EPR Paradox and Bell's inequality • gauge invariance and symmetries • quantum theory of systems consisting of identical particles. • quantum scattering theory • second quantization of systems of identical bosons and identical fermions • relativistic quantum wave equations for spin 0, spin 1 and spin $\frac{1}{2}$ particles
Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)	Conoscenza e comprensione: Conoscenza e comprensione approfondita dei concetti e dei principali risultati della meccanica quantistica moderna. Conoscenza sull'uso e sui metodi della meccanica quantistica applicata alle varie aree della fisica. Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di problem solving a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Abilità nello sviluppo delle competenze per lo studio indipendente delle principali questioni, tecniche e metodi della disciplina nei diversi contesti applicativi. Abilità comunicative necessarie alla rappresentazione e discussione degli argomenti fondamentali del corso. Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati. Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina. Capacità di apprendimento: Capacità nell'affrontare argomenti avanzati di fisica quantistica, e nell'analizzare i limiti e la validità delle approssimazioni utilizzate per risolvere i problemi. Capacità nell'identificare e consultare con profitto la letteratura scientifica.	

<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Knowledge and in-depth understanding of concepts and main results of modern quantum mechanics. Know how to use and apply the methods of quantum mechanics to problems in various areas of physics.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to develop appropriate learning skills to allow them to independently investigate major issues, techniques and methods of discipline especially in the workplace in which they will operate.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to address problems in Advanced Quantum Physics, analysing limits and validity of the approximations made in the resolution of the problems, consulting with profit the available scientific literature.</p>
--	---

<p>Insegnamento di: ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: ANALYSIS AND MODELS OF BIOMEDICAL SIGNALS</p>	<p>Anno: 2020/2021 Primo anno Primo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Caratterizzante</p>		<p>Settore scientifico-disciplinare: FIS/03</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 2 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 4</p>		<p>Ore di Lezione: 12 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 48</p>
<p>Conoscenze preliminari: Familiarità con strumenti di programmazione e con software di analisi dati e visualizzazione grafica. Analisi di Fourier.</p>		<p>Prerequisites: Familiarity with programming tools and with data analysis and graphic visualization software. Fourier analysis.</p>
<p>Obiettivi formativi: 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. In particolare, sono fondamentali i seguenti argomenti: processi aleatori e la loro caratterizzazione nel tempo e in frequenza. Stimatori. acquisizione, campionamento e quantizzazione dei segnali. algoritmi di ricostruzione metodi per la riduzione del rumore</p>		<p>Learning Goals: 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. In particular, the following topics are of fundamental importance:</p> <ul style="list-style-type: none"> • random processes and their characterization over time and frequency. Estimators. • acquisition, sampling and quantization of the signals. • reconstruction algorithms • methods for noise reduction.

<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Capacità di caratterizzare un segnale biomedico, estraendone le principali caratteristiche.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di problem solving a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Capacità di gestire il proprio apprendimento, di pensare, interpretare e modellizzare dati di segnali biomedici.</p> <p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure sperimentali e nella modellazione dei sistemi fisici studiati.</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Capacità di impiegare dispositivi sperimentali, di trattare dati sperimentali e di analizzare i limiti e la validità di approssimazioni.</p>
<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Ability to characterize a biomedical signal and to extract its main characteristics.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to manage one's own learning, to think, interpret and model biomedical data.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to deal with experimental devices, to perform data analysis and to analyse the limits and the validity of approximations.</p>

<p>Insegnamento di: FONDAMENTI DI FISICA BIOMEDICA E SANITARIA</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: FUNDAMENTAL IN BIOMEDICAL AND HEALTH PHYSICS</p>	<p>Anno: 2020/2021 Primo anno Primo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Caratterizzante</p>		<p>Settore scientifico-disciplinare: FIS/07</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2</p>		<p>Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24</p>
<p>Conoscenze preliminari: Elettromagnetismo. Conoscenze di struttura della materia.</p>		<p>Prerequisites: Electromagnetism. Knowledge of structure of matter.</p>

<p>Obiettivi formativi:</p> <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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • fisica degli apparati e dei sistemi del corpo umano; • radiazioni non ionizzanti e ionizzanti ed effetti sui mezzi biologici; • fondamenti fisici e tecnologici delle indagini in radiologia tradizionale e basate su ultrasuoni; • fondamenti fisici delle tecniche diagnostiche per immagini; • fondamenti fisici delle metodiche di medicina nucleare. 	<p>Learning Goals:</p> <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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • physics of the human body and of anatomical systems; • non-ionizing and ionizing radiation and their effects on biological systems; • physical and technological foundations of traditional radiology and ultrasound methods; • physical foundations of diagnostic imaging techniques; • physical foundations of methodologies in nuclear medicine.
<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione:</p> <p>Al termine del corso lo studente acquisirà competenze riguardanti i principi di importanti applicazioni della fisica in medicina, ed in generale nella ricerca biomedica e nella tutela della salute. Argomenti specifici di meccanica, elettromagnetismo e delle interazioni radiazione-materia verranno reinterpretati in vista delle loro applicazioni biomediche e del loro impiego nelle più avanzate strumentazioni diagnostiche e terapeutiche.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</p> <p>Capacità di problem solving a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Sviluppo delle capacità comunicativo-relazionali mediante coinvolgimento e partecipazione attiva degli studenti. Acquisizione e impiego del linguaggio tecnico appropriato, prerogativa allo sviluppo delle abilità comunicative in campo scientifico e professionale. Acquisizione di adeguati strumenti conoscitivi per l'aggiornamento continuo delle conoscenze attraverso letteratura specializzata. Sviluppo della capacità di utilizzare i concetti acquisiti per la comprensione e l'interpretazione critica di articoli scientifici, specie di fronte ad informazioni, talvolta contraddittorie, ricavabili in letteratura.</p> <p>Autonomia di giudizio:</p> <p>Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati</p> <p>Abilità comunicative:</p> <p>Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento:</p> <p>Capacità di risolvere i problemi e di analizzare i limiti e la validità di approssimazioni.</p>

<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: At the end of the course the student will acquire skills regarding the principles of important physical applications in medicine, and in general in biomedical research and health protection. Specific topics of mechanics, electromagnetism and radiation-matter interactions will be reinterpreted in view of their biomedical applications and their use in the most advanced diagnostic and therapeutic instruments.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Development of communicative-relational skills through student involvement and active participation. Acquisition and use of the appropriate technical language which is a prerogative for the development of communication skills in the scientific and professional fields. Acquisition of adequate cognitive tools for the continuous updating of knowledge through specialized literature. Development of the ability to use the concepts acquired for the understanding and the critical interpretation of scientific articles, especially when dealing with information obtainable in the literature that are sometimes contradictory.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation of procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to address problems and to analyse the limits and the validity of approximations.</p>
--	---

<p>Insegnamento di: TEORIA E SIMULAZIONE DELLA MATERIA SOFFICE</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: THEORY AND SIMULATION OF SOFT MATTER</p>	<p>Anno: 2020/2021 Primo anno Primo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Caratterizzante</p>		<p>Settore scientifico-disciplinare: FIS/03</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2</p>		<p>Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24</p>
<p>Conoscenze preliminari: 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.</p>		<p>Prerequisites: Fundamentals of Thermodynamics and Statistical Mechanics. Basic knowledge of physics of fluids and classical simulations. Familiarity with computer programming, data analysis and graphic visualization.</p>
<p>Obiettivi formativi: 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"> • Modelli mesoscopici e strumenti di analisi termodinamica e strutturale sia teorici sia simulativi • Metodi Monte Carlo e della dinamica molecolare. • Laboratorio: applicazione pratica della dinamica molecolare per lo studio di modelli semplici di materiali soffici. 		<p>Learning Goals: Microscopic, structural and thermodynamic properties of soft condensed matter, with emphasis on the physics of colloidal suspensions and globular protein solutions. In particular, the following topics are of fundamental importance:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesoscopic models; theoretical and simulation schemes for their thermodynamics and structural analysis; • Monte Carlo and molecular dynamics methods • Laboratory: molecular dynamics simple models of soft materials.

<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Acquisizione di competenze (modelli, approcci teorici e computazionali, analisi dei dati) per lo studio teorico di materiali soffici, con particolare riguardo a sistemi di interesse biologico/biofisico.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di problem solving a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Strategie per costruire rappresentazioni semplificate di sistemi complessi, per condurre l'indagine e valutarne criticamente i risultati in confronto col sistema di partenza e con i risultati attesi.</p> <p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati.</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Capacità di implementare algoritmi, di trattare dati sperimentali e di analizzare i limiti e la validità di approssimazioni.</p>
<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Acquisition of skills (models, theoretical and computational approaches, data analysis) for the theoretical study of soft materials, with particular emphasis to systems of biological/biophysical interest.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Strategies for simplified models of complex systems, for the analysis and critical evaluations of results in comparison with the original system and with the expected outcomes.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to implement algorithms, to perform data analysis and to analyse the limits and the validity of approximations.</p>

<p>Insegnamento di: ULTERIORI COMPETENZE LINGUISTICHE</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: FURTHER LANGUAGE SKILLS</p>	<p>Anno: 2020/2021 First year First period</p>
<p>Tipo attività formativa: Ulteriori conoscenze linguistiche</p>		<p>Settorescientifico-disciplinare: L-LIN/12</p>
<p>Attività formativa mutuata dal Corso di laurea in Fisica Magistrale Curriculum Condensed Matter Physics</p>		

Insegnamento di: BIOFISICA	Denominazione inglese insegnamento: BIOPHYSICS	Anno: 2020/2021 Primo anno Secondo semestre
Tipo attività formativa: Caratterizzante		Settore scientifico-disciplinare: FIS/01
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: Concetti fondamentali di fisica, di chimica, di Analisi statistica e di meccanica quantistica.		Prerequisites: Fundamental concepts of physics, chemistry, statistical analysis and quantum mechanics.
Obiettivi formativi: 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: <ul style="list-style-type: none"> • meccanismi di equilibrio fisico-chimico in membrane modello; • processi di trasporto attraverso membrane biologiche; • meccanismi di trasmissione e trasduzione dei segnali cellulari; • processi di riconoscimento molecolare; • cenni ad applicazioni nei campi della bio-nanomedicina e della bio-sensoristica. 		Learning Goals: 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: <ul style="list-style-type: none"> • physical-chemical equilibrium mechanisms in model membranes; • transport processes through biological membranes; • mechanisms of transmission and transduction of cellular signals; • molecular recognition processes; • outline of applications in the fields of bio-nanomedicine and bio-sensors.
Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)	Conoscenza e comprensione: Conoscenza e capacità di comprensione della complessità dei sistemi biologici e delle tecnologie avanzate per il loro studio. Conoscenza della moderna interpretazione della complessità biologica con gli strumenti della biologia molecolare. Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di problem solving a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Capacità di analisi e soluzione di problemi biofisici complessi con competenze ed approcci interdisciplinari. Capacità di comprensione critica e di focalizzazione sugli aspetti più rilevanti delle pubblicazioni scientifiche di biofisica. Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati. Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina. Capacità di apprendimento: Capacità di risolvere i problemi e di analizzare i limiti e la validità di approssimazioni.	

<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Knowledge and understanding of the complexity of biological systems and of the advanced technologies implemented for their study. Knowledge of the modern interpretation of biological complexity using the tools of molecular biology.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Skills to analyze and solve complex biophysical problems with interdisciplinary skills and approaches. Aptitude to develop a critical understanding and to focus on the most relevant aspects of scientific publications on biophysics.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation of procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to address problems and to analyse the limits and the validity of approximations.</p>
--	---

<p>Insegnamento di: LABORATORIO DI MISURE</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: LABORATORY OF MEASUREMENTS</p>	<p>Anno: 2020/2021 Primo anno Secondo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante</p>		<p>Settorescientifico-disciplinare: FIS/01</p>
<p>Attività formativa mutuata dal Corso di laurea in Fisica Magistrale Curriculum Fisica Nucleare e Particellare</p>		

<p>Insegnamento di: BIOMATERIALI</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: BIOMATERIALS</p>	<p>Anno: 2020/2021 Primo anno Secondo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Caratterizzante</p>		<p>Settore scientifico-disciplinare: FIS/03</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2</p>		<p>Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24</p>
<p>Conoscenze preliminari: Conoscenze dei concetti di base della fisica, chimica e matematica</p>		<p>Prerequisites: Basic knowledge of physics, chemistry and mathematics.</p>

<p>Obiettivi formativi: Fornire conoscenze sulle più importanti classi di biomateriali (metalli, polimeri, ceramiche, 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"> • classificazione dei biomateriali in base alla loro natura chimica e agli effetti prodotti reciprocamente tra il biomateriale e l'ambiente biologico; • proprietà di bulk e di superficie dei biomateriali e relative tecniche di analisi; • il ruolo dell'acqua nei biomateriali; • corrosione, biocompatibilità e usura; • biomateriali innovativi. 	<p>Learning Goals: 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. In particular, the following topics are of fundamental importance:</p> <ul style="list-style-type: none"> • classification of biomaterials based on their chemical nature and on the effects mutually produced between the biomaterial and the biological environment; • bulk and surface properties of biomaterials and related analysis techniques; • the role of water in biomaterials; • corrosion, biocompatibility and aging; • innovative biomaterials.
<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Capacità di classificazione delle classi più importanti dei biomateriali stabilendone criticamente correlazioni tra struttura, proprietà e ricadute applicative. Capacità di caratterizzazione e di trattamenti finalizzati del biomateriale. Capacità di scelta del biomateriale più idoneo ad una specifica applicazione medica.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di problem solving a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Capacità di caratterizzazione e classificazione di un dato biomateriale. Capacità di approfondimento in modo autonomo degli argomenti connessi alla disciplina.</p> <p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella caratterizzazione e scelta di un dato biomateriale.</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Capacità di gestione delle conoscenze acquisite per la comprensione delle proprietà di un dato biomateriale in relazione all'utilizzo pratico da mettere in atto.</p>
<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Ability to categorize the most important classes of biomaterials by critically establishing correlations between structure, properties and applications. Aptitude to characterize and finalize biomaterial treatments. Skills to choose the most suitable biomaterial for a specific medical application.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Characterization and classification of a biomaterial. Ability to independently investigate the topics related to the discipline.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgment, in the characterization and choice of a given biomaterial.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to manage the knowledge acquired to understand the properties of a given biomaterial in relation to the practical use to be put in place.</p>

Insegnamento di: CHIMICA AVANZATA	Denominazione inglese insegnamento: ADVANCED CHEMISTRY	Anno: 2020/2021 Primo anno Primo semestre
Tipo attività formativa: Affine/Integrativa –		Settorescientifico-disciplinare: CHIM/03
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: Conoscenza di chimica, matematica e fisica di base		Prerequisites: Knowledge of basic chemistry as well as mathematics and physics.
Obiettivi formativi: 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: <ul style="list-style-type: none"> • comprensione e descrizione delle strutture molecolari; • formazione di aggregati poliatomici (aggregati); • caratterizzazione e descrizione dei sistemi poliatomici (molecole e aggregati); • correlazione tra struttura e proprietà dei sistemi poliatomici; • stabilità e reattività chimica delle molecole e degli aggregati; • esempi significativi di materiali. 		Learning Goals: 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: <ul style="list-style-type: none"> • understanding and descriptions of molecular structures; • formation of polyatomic aggregates (aggregates); • characterization and description of polyatomic systems (molecules and aggregates); • correlation between structure and properties of polyatomic systems; • stability and chemical reactivity of molecules and aggregates; • significant examples of materials.
Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)	Conoscenza e comprensione: Razionalizzazione delle proprietà chimiche e fisiche della materia (allo stato condensato) secondo la loro struttura intima al fine di comprenderne la stretta correlazione, un aspetto fondamentale nella descrizione e nella comprensione degli aggregati e dei fenomeni che li riguardano. Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Competenze nel problem solving, partendo dagli argomenti del corso. Consapevolezza della complementarità dell'approccio chimico e fisico nello studio della materia e delle sue proprietà in vista di una completa visione multidisciplinare della caratterizzazione della materia condensata e della correlazione della sua struttura interna con le corrispondenti proprietà fisiche e chimiche. Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e modellazione dei sistemi studiati. Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le abilità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina. Capacità di apprendimento: Il know-how sull'analisi e la descrizione dei materiali dal punto di vista chimico, complementare al fisico, permette una panoramica completa. Questo approccio multidisciplinare ai problemi fisici permette di interagire o collaborare sinergicamente in gruppi di ricerca composti sia nella progettazione che nell'applicazione.	

<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Rationalization of the chemical and physical properties of matter (in the condensed state) according to their intimate structure in order to understand their close correlation, a fundamental aspect in the description and understanding of the aggregates and the phenomena that involve them.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Awareness of the complementarity of the chemical and physical approach in the study of matter and its properties to have a complete multidisciplinary view of the characterization of condensed matter and the correlation of its internal structure with the corresponding physical and chemical properties.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and modelling of the studied systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Know-how on the analysis and description of the materials from the chemical point of view, complementary to the physical, allows a comprehensive overview. This multidisciplinary approach to physical problems allows to interact or cooperate synergistically in composite research groups both in design and application.</p>
--	---

LM17 – FISICA APPLICATA – SECONDO ANNO

Insegnamento di: MODELLI MATEMATICI PER SISTEMI BIOLOGICI	Denominazione inglese insegnamento: MATHEMATICS MODELS FOR BIOLOGICAL SYSTEMS	Anno: 2020/2021 Secondo anno Primo semestre
Tipo attività formativa: Affine/Integrativa		Settore scientifico-disciplinare: FIS/07
Attività formativa mutuata dal Corso di Laurea Magistrale in Matematica		

Insegnamento di: LABORATORIO DI FISICA APPLICATA	Denominazione inglese insegnamento: LABORATORY OF APPLIED PHYSICS	Anno: 2020/2021 Secondo anno Primo semestre
Tipo attività formativa: Caratterizzante		Settore scientifico-disciplinare: FIS/07
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 2 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 4		Ore di Lezione: 12 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 48
Conoscenze preliminari: Conoscenze di base di chimica e fisica, capacità di utilizzo degli strumenti di calcolo informatico, competenze sul trattamento dei dati sperimentali.		Prerequisites: Basic knowledge of chemistry and physics, ability to use computing tools, skills on the treatment of experimental data.

<p>Obiettivi formativi:</p> <p>Il corso si propone di fornire conoscenze approfondite riguardanti le principali metodologie sperimentali di indagine fisica applicate a sistemi di interesse biofisico. Sono fondamentali i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • microscopia ottica ed elettronica • fluorescenza di raggi X • tecniche spettroscopiche • coulombmetria • tecniche avanzate di indagine in ambito biofisico e biomedico 	<p>Learning Goals:</p> <p>The course aims to provide in-depth knowledge regarding the main experimental methods of physical investigation applied to systems of biophysical interest. In particular, the following topics are of fundamental importance:</p> <ul style="list-style-type: none"> • optical and electron microscopy; • X-ray fluorescence; • spectroscopic techniques; • coulombmetry; • advanced investigation techniques in the biophysical and biomedical fields.
<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione:</p> <p>Capacità di inquadrare i fenomeni fisici alla base delle più importanti tecniche di indagine nel campo della fisica applicata in contesti interdisciplinari. Capacità di scegliere autonomamente la strumentazione adeguata in relazione alla scala spazio-temporale delle proprietà chimico-fisiche che si intendono studiare. Capacità critica di estrarre dai dati sperimentali le informazioni necessarie alla conoscenza del sistema sotto studio.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</p> <p>Capacità di problem solving a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Acquisizione e impiego di un linguaggio scientifico appropriato con relativo incremento di abilità comunicative, chiare e prive di ambiguità, utilizzabili in campo professionale. Sviluppo della capacità di argomentazione autonoma su problematiche aperte inerenti alla fisica applicata, rivolte sia a non specialisti che ad esperti del settore. Acquisizione di autonomia sperimentale, sia in fase di misurazione che in quella di elaborazione del dato. Acquisizione di abilità di lavoro autonomo. Sviluppo delle abilità comunicative mediante preparazione di reports sulle misure effettuate e sui risultati ottenuti, comprensibili ad un pubblico di vasta estrazione.</p> <p>Autonomia di giudizio:</p> <p>Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure sperimentali e nella modellazione dei sistemi fisici studiati.</p> <p>Abilità comunicative:</p> <p>Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento:</p> <p>Capacità di impiegare dispositivi sperimentali, di trattare dati sperimentali e di analizzare i limiti e la validità di approssimazioni.</p>

<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Ability to understand the physical phenomena underlying the most important investigation techniques in the field of applied physics within interdisciplinary contexts. Aptitude to independently choose the appropriate instrumentation in relation to the space-time scale of the chemical-physical properties to be investigated. Critical ability to extract from the experimental data the information necessary for the comprehension of the system under study.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Acquisition and use of an appropriate scientific language aimed to increase the communication skills for a clear and unambiguous use within the corresponding professional field. Development of the aptitude for independently argument on open problems of applied physics, addressed to both non-specialists and experts of a specific sector. Acquisition of experimental autonomy, both in the measurement and in the data processing stages. Aptitude to work independently. Development of communication skills through the preparation of reports on the performed measurements and on the obtained outcomes, that can be understandable to a large audience.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to deal with experimental devices, to perform data analysis and to analyse the limits and the validity of approximations.</p>
--	--

<p>Insegnamento di: MISURE FISICHE NELLA RADIOPROTEZIONE AMBIENTALE E SANITARIA</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: PHYSICS MEASUREMENTS IN ENVIRONMENTAL AND HEALTH RADIATION PROTECTION</p>	<p>Anno: 2020/2021 Secondo anno Primo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Caratterizzante</p>		<p>Settore scientifico-disciplinare: FIS/07</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 6 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 0</p>		<p>Ore di Lezione: 36 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 0</p>
<p>Conoscenze preliminari: Conoscenze di base fisica nucleare. Conoscenza sull'interazione radiazione-materia.</p>		<p>Prerequisites: Basic knowledge of nuclear physics. Knowledge of the radiation-matter interaction.</p>
<p>Obiettivi formativi:</p> <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"> • dosimetria e grandezze dosimetriche • le basi scientifiche della radioprotezione • monitoraggio ambientale ed individuale • legislazione di radioprotezione in radiodiagnostica, radioterapia, medicina nucleare 		<p>Learning Goals:</p> <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"> • dosimetry and dosimetric quantities; • the scientific bases of radiation protection; • environmental and individual monitoring; • regulations on radiation protection in radiodiagnostics, radiotherapy and nuclear medicine

<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Al termine del corso, lo studente sarà capace di applicare le conoscenze acquisite nel campo della radioprotezione ambientale e sanitaria nel giusto contesto, grazie all'acquisizione di tematiche teorico-pratiche in ambiti di natura interdisciplinare (biologico, medico-sanitario e legislativo) connessi al percorso formativo.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Acquisizione e impiego del linguaggio tecnico appropriato e sviluppo di abilità comunicative in campo scientifico e professionale. Consapevolezza dei problemi relativi alla sicurezza. Capacità di utilizzare lo strumento della analogia per applicare soluzioni conosciute a problemi nuovi (problem solving). Capacità di utilizzare banche dati e risorse bibliografiche e scientifiche per estrarne informazioni utili per il proprio lavoro di studio e di ricerca. Acquisizione di un adeguato livello di consapevolezza etico nella ricerca e nell'ambito delle attività professionali nel campo della fisica medica e sanitaria.</p> <p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Capacità di risolvere i problemi e di analizzare i limiti e la validità di approssimazioni.</p>
<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: At the end of the course, the student will be able to apply the acquired knowledge in the field of environmental and health radiation protection in the right context. This will be thanks to the acquisition of theoretical-practical issues in interdisciplinary areas (biological, medical-health and legislative) connected to the learning path.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Acquisition and use of the appropriate technical language and development of scientific and professional communication skills. Awareness of security issues. Ability to use the tool of analogy with the aim to apply known solutions to new problems (problem solving). Ability to use databases and bibliographic and scientific resources to extract useful information for the student own study and research. Acquisition of an adequate level of ethical awareness in research and in professional activities in the field of medical and health physics.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation of procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to address problems and to analyse the limits and the validity of approximations.</p>

<p>Insegnamento di: FISICA DEGLI ACCELERATORI E LORO APPLICAZIONI</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: ACCELERATOR PHYSICS WITH APPLICATIONS</p>	<p>Anno: 2020/2021 Secondo anno Primo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Caratterizzante</p>		<p>Settore scientifico-disciplinare: FIS/07</p>

**Attività formativa mutuata dal Corso di Laurea in Fisica
Curriculum Nucleare e particellare**

Prova Finale	Final Examination
Tipo attività formativa: Prova Finale	Ambito disciplinare: Prova finale
CFU totali: 36	
Obiettivi formativi: 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.	Learning goals: 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 .
Risultati apprendimento attesi: 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.	Expected learning outcomes 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.

LM17 – FISICA NUCLEARE E PARTICELLARE – PRIMO ANNO

Insegnamento di: ANALISI DATI	Denominazione inglese insegnamento: DATA ANALYSIS	Anno: 2020/2021 Primo anno Primo semestre
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/01
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 2 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 4		Ore di Lezione: 12 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 48
Conoscenze preliminari: 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.		Prerequisites: Familiarity with programming tools, data analysis software and graphic visualization. Fourier analysis. Statistical analysis, probability, object oriented programming.
Obiettivi formativi: 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 generazione eventi. Tali approcci verranno applicati e ottimizzati per: <ul style="list-style-type: none"> • analisi di processi aleatori e la loro caratterizzazione nel tempo e in frequenza. Stimatori; • acquisizione, campionamento e quantizzazione dei segnali; • generatore di eventi. • tecniche di "smearing"; • Misure della risoluzione ed efficienza di un rivelatore. 		Learning Goals: 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: <ul style="list-style-type: none"> • random processes and their characterization over time and frequency. Estimators; • acquisition, sampling and quantization of the signals; • events generator; • smearing techniques; • evaluation of the resolution and efficiency of a detector.
Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)	Conoscenza e comprensione: Capacità di caratterizzare e simulare processi in fisica nucleare, delle particelle e delle alte energie (misura di sezioni d'urto di reazione totali e differenziali, osservabili di polarizzazione), estraendone le principali caratteristiche. Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di <i>problem solving</i> a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Capacità di gestire il proprio apprendimento, di pensare, interpretare e modellizzare dati in ambito di fisica nucleare e particellare. Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati. Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina. Capacità di apprendimento: Padronanza delle metodologie di acquisizione e trattamento di segnali e delle radiazioni per l'investigazione di processi di fisica nucleare e subnucleare. Competenze ed abilità necessarie in considerazione della figura di un esperto della ricerca di base in Fisica Nucleare.	

<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Ability to characterize and simulate processes in nuclear, particle and high energy physics (measurement of total and differential cross sections, polarization observable), and to extract their main characteristics.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to manage own learning, to think, interpret and model data within the field of Nuclear and Particle Physics.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Comprehensive knowledge and skills of the acquisition and treatment methodologies of signals and radiation for the investigation of nuclear and subnuclear physics processes. Skills and abilities that are essential for the profile of an expert in basic research in Nuclear Physics.</p>
--	--

<p>Insegnamento di: FISICA QUANTISTICA</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: QUANTUM PHYSICS</p>	<p>Anno: 2020/2021 First year First period</p>
<p>Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante</p>		<p>Settorescientifico-disciplinare: FIS/02</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2</p>		<p>Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24</p>
<p>Conoscenze preliminari: Conoscenza dei fondamenti della meccanica quantistica, delle regole di selezione e della relatività speciale. Conoscenza delle trasformate di Fourier, degli spazi vettoriali a dimensioni infinite e dei metodi di analisi complessa</p>		<p>Prerequisites: 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>
<p>Obiettivi formativi: Il corso di propone di fornire conoscenza sulla meccanica quantistica relativistica e sui sistemi di particelle identiche. I seguenti argomenti sono essenziali:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stati entangled, paradosso EPR e disuguaglianza di Bell • Invarianze di gauge e simmetria • Teoria quantistica di sistemi di particelle identiche • Teoria quantistica dello scattering • Seconda quantizzazione di sistemi di bosoni e fermioni identici • Equazione d'onda quantistica relativistica per particelle a spin 0, spin $\frac{1}{2}$ e spin 1. 		<p>Learning Goals: Knowledge of the relativistic quantum mechanics and of systems of identical particles. The following topics are essential:</p> <ul style="list-style-type: none"> • entangled states, EPR Paradox and Bell's inequality • gauge invariance and symmetries • quantum theory of systems consisting of identical particles. • quantum scattering theory • second quantization of systems of identical bosons and identical fermions • relativistic quantum wave equations for spin 0, spin 1 and spin $\frac{1}{2}$ particles
<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Conoscenza e comprensione approfondita dei concetti e dei principali risultati della meccanica quantistica moderna. Conoscenza sull'uso e sui metodi della meccanica quantistica applicata alle varie aree della fisica.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di problem solving a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Abilità nello sviluppo delle competenze per lo studio indipendente delle principali questioni, tecniche e metodi della disciplina nei diversi contesti applicativi. Abilità comunicative necessarie alla rappresentazione e discussione degli argomenti fondamentali del corso.</p>	

	<p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati.</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Capacità nell'affrontare argomenti avanzati di fisica quantistica, e nell'analizzare i limiti e la validità delle approssimazioni utilizzate per risolvere i problemi. Capacità nell'identificare e consultare con profitto la letteratura scientifica.</p>
<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Knowledge and in-depth understanding of concepts and main results of modern quantum mechanics. Know how to use and apply the methods of quantum mechanics to problems in various areas of physics.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to develop appropriate learning skills to allow them to independently investigate major issues, techniques and methods of discipline especially in the workplace in which they will operate.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to address problems in Advanced Quantum Physics, analysing limits and validity of the approximations made in the resolution of the problems, consulting with profit the available scientific literature.</p>

<p>Insegnamento di: INTERAZIONE DI RADIAZIONE CON LA MATERIA, PLASMI E TECNICHE DIAGNOSTICHE</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: INTERACTION OF RADIATION WITH MATTER, PLASMAS AND DIAGNOSTIC TECHNIQUES</p>	<p>Anno: 2020/2021 Primo anno Primo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante</p>		<p>Settorescientifico-disciplinare: FIS/01</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2</p>		<p>Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24</p>
<p>Conoscenze preliminari: 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>Prerequisites: Knowledge of general physics and quantum physics, mathematical methods and numerical techniques for data analysis and simulation</p>
<p>Obiettivi formativi: 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"> • interazioni elettroni-materia; • interazioni ioni-materia; • interazioni laser-materia; 		<p>Learning Goals: 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"> • electron-matter interactions; • ion-matter interactions; • laser-matter interactions;

<ul style="list-style-type: none"> • produzione di plasmi; • fisica dei plasmi in equilibrio e in non equilibrio; • rivelatori di radiazioni per spettrometria di massa e tempo di volo; • codici di Simulazione e utilizzo di database di rete; • tecniche di analisi e di trattamento di materiali. 	<ul style="list-style-type: none"> • production of plasma; • plasma physics in equilibrium and in non equilibrium; • radiation detectors for mass spectrometry and time of flight; • simulation codes and use of network databases; • materials analysis and processing techniques.
<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Capacità di caratterizzare e simulare processi di interazione fra radiazioni e materia. Conoscenza delle principali tecniche diagnostiche e per la dosimetria delle radiazioni. Conoscenza dei sistemi di accelerazione di ioni, di elettroni e di sorgenti laser. Competenze nell'analisi di spettri di ioni, elettroni, di raggi X e gamma, isotopi e di spettroscopie di plasmi.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di <i>problem solving</i> a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Capacità di gestire il proprio apprendimento, di pensare, interpretare e modellizzare dati di segnali provenienti da vari tipi di rivelatori e da dati biomedici.</p> <p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati.</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Padronanza delle metodologie e delle tecniche per lo studio dei materiali a partire dai risultati sperimentali dopo il processo di interazione. Competenze ed abilità necessarie in considerazione della figura di un esperto della ricerca di base, analista di materiali e di plasmi, esperto di trattamento di materiali, anche in considerazione della figura professionale di Fisico Nucleare e di Fisico Sanitario.</p>
<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Ability to characterize and simulate processes of interaction between radiation and matter. Knowledge of the main diagnostic and radiation dosimetry techniques. Knowledge of ion acceleration systems, electrons and laser sources. Competence in the analysis of spectra of ions, electrons, X-rays and gamma rays, isotopes and spectroscopies of plasmas.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Problem solving skills on the topics developed during the course. Ability to manage your own learning, to think, interpret and model signal data from various types of detectors and biomedical data.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Mastery of methodologies and techniques for the study of the materials starting from the experimental results after the interaction process. Skills and abilities for basic research expert, material and plasma analyst, material processing expert, also in consideration of the professional figure of Nuclear Physicist and Health Physicist.</p>

Insegnamento di: TEORIA DELLE REAZIONI NUCLEARI	Denominazione inglese insegnamento: THEORY OF NUCLEAR REACTIONS	Anno: 2020/2021 Primo anno Primo semestre
Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante		Settorescientifico-disciplinare: FIS/04
CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2		Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24
Conoscenze preliminari: Conoscenze di meccanica quantistica e dei suoi metodi matematici.		Prerequisites: Knowledge of quantum mechanics and its mathematical methods.
Obiettivi formativi: 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: <ul style="list-style-type: none"> • teoria dello scattering nel caso di esperimenti di fisica nucleare, approssimazione di Born; • sezioni d'urto di reazione, densità di corrente e funzione di deflessione; • diffusione di Rutherford, approssimazioni semiclassiche; • teoria di Wentzel-Kramers-Brillouin, impulsiva e di Glauber e descrizione stazionaria della diffusione quantistica; modelli fenomenologici di Mc Intyre, Frahn-Venter; • teoria elementare del potenziale ottico e teorema ottico; • risonanze in Fisica Nucleare: Teoria di Bethe, proprietà analitiche della matrice S. 		Learning Goals: 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: <ul style="list-style-type: none"> • scattering theory in the case of nuclear physics experiments, Born approximation; • scattering cross sections, current density and deflection function; • Rutherford diffusion, semiclassical approximations; • Wentzel-Kramers-Brillouin theory, impulsive and Glauber theory and stationary description of quantum diffusion; • phenomenological models of Mc Intyre, Frahn-Venter; • elementary theory of optical potential and optical theorem; • Resonances in Nuclear Physics: Bethe theory, analytical properties of the matrix S.
Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)	Conoscenza e comprensione: Acquisizione degli strumenti metodologici per un'analisi critica di un processo di scattering individuando il tipo di reazione e le osservabili coinvolte, allo scopo di acquisire una padronanza nella scelta dell'approccio teorico più pertinente. Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di <i>problem solving</i> a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Capacità di comunicare in maniera chiara e concisa le conoscenze acquisite esponendo i risultati con proprietà di linguaggio, stimolando la capacità logica ed il ragionamento critico, individuando le variabili che intervengono in un certo fenomeno fisico e le loro interazioni nel produrre determinati effetti. Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati. Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina. Capacità di apprendimento: Abilità nel costruire modelli interpretativi, individuandone i limiti di validità; elaborare decisioni e adottare scelte sulla base di elementi verificati.	

<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Acquisition of methodological tools for a critical analysis of a scattering process by identifying the type of reaction and observables involved. Ability in choosing the most relevant theoretical approach.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Problem solving skills based on the topics developed during the course. Ability to communicate in a clear and concise knowledge by exposing the results with language properties, stimulating logical ability and critical reasoning, identifying the variables involved in a certain physical phenomenon and their interactions in producing certain effects.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to build interpretative models, identifying their limits of validity; make decisions and make choices based on verified elements.</p>
--	--

<p>Insegnamento di: ULTERIORI COMPETENZE LINGUISTICHE</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: FURTHER LANGUAGE SKILLS</p>	<p>Anno: 2020/2021 First year First period</p>
<p>Tipo attività formativa: Ulteriori conoscenze linguistiche</p>		<p>Settorescientifico-disciplinare: L-LIN/12</p>
<p>Attività formativa mutuata dal Corso di laurea in Fisica Magistrale Curriculum Condensed Matter Physics</p>		

<p>Insegnamento di: CINEMATICA RELATIVISTICA</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: RELATIVISTIC KINEMATICS</p>	<p>Anno: 2020/2021 Primo anno Secondo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante</p>		<p>Settorescientifico-disciplinare: FIS/04</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2</p>		<p>Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24</p>
<p>Conoscenze preliminari: Conoscenze di base delle particelle subnucleari, famiglie, tempi di vita media e decadimenti. Relatività speciale.</p>		<p>Prerequisites: Fundamentals of subnuclear particles, families, lifetime and decay. Special relativity.</p>
<p>Obiettivi formativi: 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"> • massa invariante di un sistema di reazione o prodotta dal decadimento di una particella; • calcolo e misura di variabili cinematiche; • rappresentazione della cinematica di reazione nel sistema 		<p>Learning Goals: 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"> • invariant mass of a reaction system or produced by the decay of a particle; • calculation and measurement of kinematic variables; • representation of the reaction kinematics in the laboratory

<p>del laboratorio e nel sistema del centro di massa;</p> <ul style="list-style-type: none"> • stima dei quadrimpulsi delle particelle mediante trasformate di Lorentz; • <i>Dalitz plot</i>; • Generatore di spazio delle fasi. 	<p>system and in the center of mass system;</p> <ul style="list-style-type: none"> • estimate of the particle's four pulses by means of Lorentz transforms; • Dalitz plot; • phase space generator.
<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Capacità di utilizzare generatori di spazio delle fasi per implementare simulatori di eventi prodotti in reazioni subnucleari o dal decadimento di particelle. Il corso fornisce allo studente gli strumenti per poter analizzare i dati sperimentali prodotti in reazioni tra particelle e nuclei, scrivere codici di simulazione, progettare esperimenti e misure volte a caratterizzare le proprietà di particelle note, o alla scoperta di nuove particelle.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di <i>problem solving</i> a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Verrà inoltre promosso il lavoro di gruppo proponendo la proposizione di misure originali e studi di fattibilità da sviluppare in collaborazione.</p> <p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati.</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Il corso oltre a fornire approfondimenti di relatività speciale, fondamentali per la formazione di un fisico, offre allo studente metodi di programmazione e simulazione che possono essere utilizzati anche in ambito industriale e del settore terziario.</p>
<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Ability to use a phase space generator to implement events generated in subnuclear reactions of derived by the decay of unstable particles. The course also furnishes to the students the tools to analyse experimental data produced in reaction between particles and nuclei, to write code of simulation, to prepare a measurement proposal devoted to characterize the properties of known particles or the discovery of new particles.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Problem solving skills about the topics developed during the course. Ability to collaborate in a working group through the assignment and feasibility study of a project.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: The course beside to furnishes insights in special relativity, fundamental knowledge for physicist formation, offers methods for computation and simulation that could be used also in industrial, tertiary and service sectors</p>

<p>Insegnamento di: FISICA NUCLEARE E PARTICELLARE</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS</p>	<p>Anno: 2020/2021 Primo anno Secondo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante</p>		<p>Settorescientifico-disciplinare: FIS/04</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2</p>		<p>Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24</p>

<p>Conoscenze preliminari: Conoscenze di analisi matematica in campo reale e in campo complesso. Conoscenze degli argomenti di teoria delle reazioni nucleari trattati durante il primo semestre.</p>	<p>Prerequisites: Knowledge of real and complex mathematical analysis. Knowledge of nuclear reaction theory covered during the first semester.</p>
<p>Obiettivi formativi: 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"> • proprietà elettromagnetiche del nucleo; • stati eccitati e scala dei tempi; transizioni elettromagnetiche e regole di selezione; • cinematica delle reazioni nucleari; • collisioni fra particelle con spin; • collisioni fra ioni pesanti e processi di pre-equilibrio; • proprietà della materia nucleare in condizioni lontane dalla stabilità; • teoria di Yukawa, bosoni di gauge e diagrammi di Feynman; • antimateria e creazione di nuove particelle; • struttura a quark degli Adroni: simmetria leptone-quark, quark mixing e matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa; • risonanze mesoniche e barioniche; • problema della materia oscura. 	<p>Learning Goals: 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"> • electromagnetic properties of the nucleus; • excited states and time scale; electromagnetic transitions and selection rules; • kinematics of nuclear reactions; • collisions between particles with spin; • collisions between heavy ions and pre-equilibrium processes; • properties of nuclear matter far from stability; • Yukawa theory, gauge bosons and Feynman diagrams; • antimatter and creation of new particles; • Hadrons quark structure: lepton-quark symmetry, quark mixing and Cabibbo-Kobayashi-Maskawa matrix; • mesonic and barionic resonances; • the problem of dark matter.
<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Acquisizione di metodologie, strumenti e abilità per contestualizzare e trattare criticamente le conoscenze sulla fisica nucleare e la fisica particellare che studia i costituenti elementari della materia e le loro interazioni.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di <i>problem solving</i> a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. La metodologia didattica del corso intende promuovere l'integrazione delle conoscenze di fisica nucleare e particellare con le competenze e le abilità che attengono agli ambiti comunicativo, relazionale, realizzativo e manageriale.</p> <p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati.</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Acquisizione di una chiara consapevolezza del livello di conoscenza raggiunto nel campo della fisica nucleare e particellare.</p>

<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Acquisition of methodologies, tools and skills to contextualize and critically treat the knowledge on nuclear physics and particle physics that studies the elementary constituents of matter and their interactions.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Problem solving skills based on the topics developed during the course. The teaching methodology of the course aims to promote the integration of the knowledge of nuclear and particle physics with the competences linked to communicative, relational, realizative and managerial skills .</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Acquiring a clear awareness of the level of knowledge achieved in the field of nuclear physics and particle.</p>
--	--

<p>Insegnamento di: LABORATORIO DI MISURE</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: LABORATORY OF MEASUREMENTS</p>	<p>Anno: 2020/2021 Primo anno Secondo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante</p>		<p>Settorescientifico-disciplinare: FIS/01</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni:2 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 4</p>		<p>Ore di Lezione: 12 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 48</p>
<p>Conoscenze preliminari: Conoscenze di base di fisica e laboratorio, capacità di utilizzo degli strumenti di calcolo informatico, competenze sul trattamento dei dati sperimentali.</p>		<p>Prerequisites: Basic knowledge of physics and laboratory, ability to use computing tools, skills on the treatment of experimental data.</p>
<p>Obiettivi formativi: 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"> • acquisizione, trattamento e conversione di segnali; • digitalizzazione dei dati (DAC/ACD), riduzione del rumore e lock-in; • misura della temperatura e criogenia; • tecniche di vuoto, • scintillatori organici ed inorganici: proprietà ed applicazioni; • micro-movimentazione e posizionamento, piezo-dispositivi; • utilizzo di sistemi di acquisizione dati e relativi software per il controllo automatico della strumentazione di misura in laboratorio. 		<p>Learning Goals: 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"> • acquisition, treatment and conversion of signals; • digitization of data (DAC / ACD), the reduction of noise and the lock-in technique; • measurement of temperature and cryogenics; • vacuum techniques; • organic and inorganic scintillators: properties and applications; • use of data acquisition systems (DAQ card, camac) and related software for the automatic control of measuring instruments in the laboratory. <p>The laboratory activities are: coherence measurements through interferometry, determination of the characteristics of</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>vacuum systems, management of servomotors and transducers via Raspberry boards</p>
<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Capacità di individuare le tecniche di indagine specifiche e la strumentazione adeguata in relazione alle caratteristiche del problema fisico. Capacità di utilizzare strumentazioni specialistiche. Capacità critica di elaborare i dati sperimentali e valutarne il range di confidenza.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di problem solving a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Capacità di analizzare e sintetizzare le problematiche relative alle misure sperimentali, capacità di autoaggiornamento sulla evoluzione delle tecniche sperimentali, capacità di formulare valutazioni autonome dei risultati sperimentali, capacità di lavorare in gruppo e comunicare i risultati scientifici con approfondimento adeguato all'audience di riferimento.</p> <p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati.</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Acquisizione e/o consolidamento di contenuti specifici alle professioni di: responsabile della ricerca e sviluppo in laboratori accademici o industriali, attività di consulenza e perizie. Accesso a corsi post universitari: dottorato o master.</p>
<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Ability to identify specific investigation techniques and appropriate instrumentation in relation to the characteristics of the physical problem. Ability to use specialized instruments. Critical ability to process experimental data and evaluate the confidence range.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to analyze and synthesize problems related to experimental measurements, ability to self-update on the evolution of experimental techniques, ability to make independent evaluations of experimental results, ability to work in a group and communicate scientific results with adequate depth.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Acquisition and/or consolidation of content specific to the professions of R&D leader in academic or industrial laboratories, consultancy activities and expertise. Access to postgraduate courses: doctorate or master's degree.</p>

<p>Insegnamento di: MATEMATICA APPLICATA</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: APPLIED MATHEMATICS</p>	<p>Anno: 2020/2021 First year Second period</p>
<p>Tipo attività formativa: Attività Affine e Integrativa</p>		<p>Settorescientifico-disciplinare: MAT/07</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 6 CFU Esercitazioni o Laboratorio:0</p>		<p>Ore di Lezione: 36 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 0</p>

<p>Conoscenze preliminari: Conoscenza e padronanza di Analisi Matematica, Geometria, Analisi complessa, serie e trasformate integrali.</p>	<p>Prerequisites: Knowledge and mastery of Mathematical Analysis, Geometry, Complex analysis, Fourier series and Transforms and Laplace transform.</p>
<p>Obiettivi formativi: 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"> • Equazioni differenziali alle derivate parziali (EDP) del primo e del secondo ordine; • Metodo delle caratteristiche. • Problemi ai valori iniziali, al contorno e di tipo misto; • Classificazione delle EDP, forme canoniche e integrazione; • Metodo di separazione delle variabili; • Equazioni di Laplace, Fourier, D'Alembert e Poisson; • Metodi numerici per l'integrazione delle EDP. 	<p>Learning Goals: 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"> • First and second order partial differential equations (PDE); • Method of characteristics. • Initial, boundary and mixed type problems; • Classification of PDE, canonical forms and integration; • Method of separation of variables; • Laplace, Fourier, D'Alembert and Poisson equations; • Numerical methods for the integration of PDE.
<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Padronanza delle tecniche fisico-matematiche applicate ai vari ambiti della fisica.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di problem solving a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Capacità di valutare l'approccio matematico più idoneo per affrontare i problemi in ambito fisico. Capacità di creare modelli, descrivere e risolvere problemi matematici che provengono da fenomeni reali.</p> <p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione matematica dei sistemi fisici studiati.</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Capacità di utilizzare con sicurezza strumenti e metodi matematici avanzati per la modellazione e l'indagine dei sistemi fisici e dei problemi ad essi connessi.</p>
<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Knowledge and skills in the use of physical-mathematical techniques applicable to various areas of physics.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Ability to develop the communication skills necessary to evaluate the most suitable mathematical approach to tackle problems in the physical field. Ability to create models, describe and solve mathematical problems that come from real phenomena.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to safely use advanced mathematical tools and methods for the representation, modelling and analysis of physical processes.</p>

LM17 – FISICA NUCLEARE E PARTICELLARE – SECONDO ANNO

<p>Insegnamento di: FISICA DEGLI ACCELERATORI E LORO APPLICAZIONI</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: ACCELERATOR PHYSICS WITH APPLICATIONS</p>	<p>Anno: 2020/2021 Secondo anno Primo Semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante</p>	<p>Settore scientifico-disciplinare: FIS/04</p>	
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 4 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 2</p>	<p>Ore di Lezione: 24 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 24</p>	
<p>Conoscenze preliminari: Conoscenze su fisica delle particelle e interazione radiazione - materia. Conoscenze sulle interazioni fondamentali. Conoscenze su campi elettromagnetici ed elettrodinamica.</p>	<p>Prerequisites: Knowledge on particle physics, interaction between radiation and matter, fundamental interactions, electromagnetic fields and electrodynamics.</p>	
<p>Obiettivi formativi: 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"> • studio di reazioni indotte da particelle accelerate nell'ambito della ricerca scientifica; • 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. 	<p>Learning Goals: 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"> • study of reactions induced by accelerated particles for scientific research; • use of accelerated particles for the study of radiochemistry of polymers, for sterilization procedures and for the creation of innovative materials. 	
<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Capacità di progettazione di esperimenti e applicazioni basati sull'uso di acceleratori di particelle. Capacità di raccolta e analisi dei dati.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di problem solving a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Stimolare autonomia di giudizio e capacità critiche, Imparare a risolvere i problemi, Sviluppare la creatività. Fornire la capacità di comunicare con linguaggio tecnico appropriato. Capacità di co-progettazione e di saper lavorare in gruppo.</p> <p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati.</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Capacità di affrontare i problemi proposti con metodo e competenza applicando le conoscenze acquisite. La disciplina concorre al pronto inserimento del laureato in Fisica negli ambienti di lavoro, rendendolo capace di collaborare all'interno di work-teams.</p>	

<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Ability to design experiments or applications which are built upon the use of accelerator. Ability to acquire and analyze experimental data.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Skills in problem solving, starting from the topics of the course. Stimulate judgement, critical skills, ability on problem solving aimed to develop creativity. Communication skills in appropriate technical language. Ability to co-design and work in a group.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: Ability to solve problems by applying the acquired knowledge. The discipline contributes to the prompt inclusion of the graduate in Physics in work environments, making him able to collaborate within work-teams.</p>
--	---

<p>Insegnamento di: LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE E PARTICELLARE</p>	<p>Denominazione inglese insegnamento: NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS LABORATORY</p>	<p>Anno: 2020/2021 Secondo anno Primo semestre</p>
<p>Tipo attività formativa: Attività Caratterizzante</p>		<p>Settorescientifico-disciplinare: FIS/04</p>
<p>CFU totali: 6 CFU Lezioni: 2 CFU Esercitazioni o Laboratorio: 4</p>		<p>Ore di Lezione: 12 Ore di Esercitazioni o Laboratorio: 48</p>
<p>Conoscenze preliminari: 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>Prerequisites: 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>
<p>Obiettivi formativi: 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"> • misure standard quali caratterizzazione del sistema di rivelazione, misura della <i>rate</i> di una sorgente di radiazione; • studio e caratterizzazione dei moderni sistemi di rivelazione, quali calorimetri elettromagnetici, tracciatori, sistemi di identificazione delle particelle e degli ioni; • tecniche di trattamento dei dati raccolti, quali decodifica e calibrazione; • 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. 		<p>Learning Goals: 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"> • standard test like the ones devoted to characterizing the whole detection system, the measure of absolute rate of a radiation source; • study and characterization of detection systems like electromagnetic calorimeter, tracker, particle and ion identification systems will be also studied; • insights on method to process, decode and calibrate the detected data; • 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.

<p>Risultati di apprendimento previsti (secondo i descrittori di Dublino)</p>	<p>Conoscenza e comprensione: Capacità di assemblare l'elettronica e i dispositivi necessari per effettuare una misura di fisica nucleare e particellare in piccola scala, scrivere codici per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati raccolti, scrivere codici per la simulazione degli apparati di misura.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di <i>problem solving</i> a partire dagli argomenti sviluppati durante il corso. Verrà inoltre promosso il lavoro di gruppo proponendo misure originali da portare avanti in collaborazione, e attraverso la stesura di relazioni sulle attività svolte. Verrà curata la corretta esposizione tecnica dei risultati conseguiti.</p> <p>Autonomia di giudizio: Autovalutazione del grado di conoscenza. Capacità, con autonomia di giudizio, nella formulazione e nell'esecuzione di procedure e nella modellazione dei sistemi fisici studiati.</p> <p>Abilità comunicative: Capacità di sviluppare le capacità comunicative necessarie per rappresentare e discutere gli argomenti fondamentali della disciplina.</p> <p>Capacità di apprendimento: Le conoscenze acquisite col corso contribuiscono a fornire competenze ed abilità che possono essere spese in ambito industriale elettronico e software, nel campo della radio-diagnostica e del radio monitoraggio ambientale.</p>
<p>Expected learning outcomes (according to Dublin Descriptors)</p>	<p>Knowledge and understanding: Ability to assemble the electronics and devices necessary to carry out a small-scale nuclear and particle physics measurement, to write codes for the data acquisition and data processing, and to implement codes for the simulation of the measuring devices.</p> <p>Applying knowledge and understanding: Problem solving skills starting from the topics developed during the course. Moreover, the working group will be promoted by assigning tasks to be carried on with the cooperation between the students, and by asking the implementation of activity reports. The students will improve their ability to present the results in the correct technical form.</p> <p>Making judgements: Self-assessment of degree of knowledge. Ability, with autonomy of judgement, in formulation and execution of experimental procedures as well as in modelling of the studied physical systems.</p> <p>Communication: Ability to develop the communication skills necessary for representing and discussing the fundamental arguments of the discipline.</p> <p>Lifelong learning skills: The skills are useful in the industry of electronics and software production, and in the field of radio-diagnostic and environmental monitoring.</p>

Insegnamento di: MISURE FISICHE NELLA RADIOPROTEZIONE AMBIENTALE E SANITARIA	Denominazione inglese insegnamento: PHYSICS MEASUREMENTS IN ENVIRONMENTAL AND HEALTH RADIATION PROTECTION	Anno: 2020/2021 Secondo anno Primo semestre
Tipo attività formativa: Caratterizzante		Settore scientifico-disciplinare: FIS/07
Attività mutuata dal Corso di Laurea Magistrale in Fisica Curriculum Fisica Applicata		

Prova Finale	Final Examination
Tipo attività formativa: Prova Finale	Ambito disciplinare: Prova finale
CFU totali: 36	
Obiettivi formativi: 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.	Learning goals: 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 .
Risultati apprendimento attesi: 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.	Expected learning outcomes 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.