

Master's Degree Course in Physics

Study plan

Academic year

2024-2025

*Approved by the Unified Council of the Degrees in Physics on 29/02/2024
and by the Council of the Physics Department on 07/03/2024*

Denominazione del Corso di Studio Magistrale	Fisica
Denominazione in inglese del Corso di Studio Magistrale	Physics
Anno Accademico	2024/2025
Classe di Corso di Studio	LM-17 Fisica
Dipartimento	Fisica
Coordinatore del Corso di Studio	Prof. Alessandro Papa
Sito web	https://fisica.unical.it/didattica/

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI DECLINATI PER AREE DI APPRENDIMENTO

Area di Formazione Comune/ Common Training Area
<p>Conoscenza e comprensione</p> <p>Il Corso di studio propone alle studentesse e agli studenti, oltre al consolidamento delle conoscenze di base acquisite con la laurea triennale, l'approfondimento specialistico di argomenti di Informatica, Matematica, Chimica, e quelle degli ambiti disciplinari caratterizzanti 'Sperimentale applicativo', 'Teorico e dei fondamenti della Fisica', 'Microfisico e della struttura della materia'.</p> <p>La comprensione di tali argomenti risulta cruciale per la corretta fruizione degli insegnamenti specifici dei curricula, cui dedicato circa un terzo dei CFU totali. Il lavoro di tesi, infine, costituisce la restante parte dell'impegno di studio.</p> <p>Il/La laureato/a magistrale in Physics, in particolare, dovrà conoscere e comprendere</p> <ul style="list-style-type: none"> - la teoria dei gruppi e quella delle equazioni differenziali alle derivate parziali e le loro applicazioni alla Fisica; - alcuni aspetti avanzati dell'informatica e del calcolo parallelo, nonché quelli introduttivi alle tecniche di Machine Learning; - la struttura dei legami chimici e la loro relazione con le proprietà fisiche di una sostanza, incluse le transizioni di fase; - le tecniche avanzate per l'acquisizione e il trattamento dei dati sperimentali; - alcuni aspetti avanzati della meccanica quantistica, con particolare riferimento alle equazioni d'onda relativistiche e alla quantizzazione dei campi; - i concetti di base del Modello Standard della Fisica delle particelle elementari e dei metodi per lo studio di processi semplici di interazione tra particelle; - i concetti di complessità - e caos, e i modelli interpretativi dei fenomeni non-lineari in vari contesti della Fisica; - i modelli della struttura stellare, a partire da processi fisici di base; <p>Gli strumenti per l'acquisizione di tali obiettivi sono le lezioni frontali, le esercitazioni e le ore di pratica in laboratorio. La verifica del raggiungimento di tali obiettivi avviene tramite gli esami orali e/o scritti. Per ogni insegnamento sono previste delle prove in itinere a metà del periodo delle lezioni.</p> <p>-----</p> <p>Knowledge and understanding</p> <p>The Master's Degree Program in Physics offers students a consolidation of the basic knowledge acquired during the Bachelor's Degree and in-depth knowledge on topics such as Computer Science, Mathematics, Chemistry, and in the following key disciplinary fields: 'Experimental-applicative field', 'Theoretical and basic groundings of Physics', 'Microphysics and the structure of matter'.</p> <p>Knowledge of the above-mentioned topics is crucial for the proper understanding of the advanced courses in the various curricula, to which about one third of the total credits is dedicated.</p> <p>Finally, the dissertation work is the remaining part of the study commitment.</p> <p>Graduates in Physics, in particular, must know and understand:</p> <ul style="list-style-type: none"> - group theory and partial differential equations and their applications to Physics; - some advanced topics of computer science and parallel computing, as well as introductory topics to Machine Learning techniques; - the structure of chemical bonds and their relationship with the physical properties of a substance, including phase transitions; - advanced techniques for the acquisition and processing of experimental data; - some advanced topics of quantum mechanics, with particular reference to relativistic wave equations and quantization of fields; - concepts of the Standard Model of Elementary Particle Physics and of the methods for the study of simple interaction processes between particles; - the concepts of complexity and chaos, and the interpretative models of non-linear phenomena in various contexts of Physics; - models of the structure of the stars, starting from basic physical processes. <p>The tools for acquiring these objectives are lectures, exercises and lab practice. Assessment of the achievement of these objectives takes place through oral and/or written exams. For each course there are mid-term tests during the lesson period.</p>
<p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</p> <p>Il Corso di studio si propone di accrescere la capacità di applicare le conoscenze fornite in contesti differenti, ampi ed interdisciplinari. L'abilità di comprendere il problema scientifico e di risolverlo con opportune metodologie sperimentali e</p>

teoriche è la misura della buona formazione del/la laureato/a.

In particolare, il/la laureato/a magistrale in Physics, in particolare, dovrà essere in grado di

- utilizzare con padronanza strumentazione avanzata per l'acquisizione e il trattamento dei dati;
- applicare conoscenze avanzate della Matematica e dell'Informatica allo studio analitico e numerico di vari tipi di sistemi fisici;
- risolvere problemi nell'ambito della meccanica quantistica relativistica e della interazione tra radiazione elettromagnetica e materia;
- confrontare dati sperimentali con modelli teorici in ambito astrofisico, della fisica delle particelle elementari e della fisica dei sistemi complessi.

La verifica dell'acquisizione delle capacità di applicare conoscenza e comprensione avviene tramite lo svolgimento di esercitazioni numeriche, informatiche e di laboratorio all'interno degli insegnamenti, tramite la stesura di elaborati scritti sulle attività di laboratorio ed il superamento delle prove di esame.

Ability to apply knowledge and understanding

The Degree Program aims at increasing students' ability to apply the knowledge acquired in various, broad and interdisciplinary contexts. The ability to understand a scientific problem and to solve it with appropriate experimental and theoretical methodologies is the measure of proficient education of graduates.

In particular, graduates in Physics must be able to:

- masterfully use advanced instrumentation for data acquisition and processing;
- apply advanced knowledge of mathematics and computer science to the analytical and numerical study of various types of physical systems;
- solve problems in the context of relativistic quantum mechanics and radiation-matter interaction;
- compare experimental data with theoretical models in astrophysics, elementary particle physics and physics of complex systems.

The assessment of the acquisition of the ability to apply knowledge and understanding takes place through numerical, computer and laboratory activities, through written reports on laboratory activities and the passing of exams.

Le conoscenze e capacità sono conseguite e verificate nelle seguenti attività formative:

ADVANCED COMPUTER SCIENCE FOR PHYSICS [url](#)
ADVANCED COMPUTER SCIENCE FOR PHYSICS [url](#)
ADVANCED COMPUTER SCIENCE FOR PHYSICS [url](#)
ADVANCED COMPUTER SCIENCE FOR PHYSICS [url](#)
ADVANCED COMPUTER SCIENCE FOR PHYSICS [url](#)
ADVANCED MATHEMATICAL METHODS FOR PHYSICS [url](#)
ADVANCED MATHEMATICAL METHODS FOR PHYSICS [url](#)
ADVANCED MATHEMATICAL METHODS FOR PHYSICS [url](#)
ADVANCED MATHEMATICAL METHODS FOR PHYSICS [url](#)
ADVANCED MATHEMATICAL METHODS FOR PHYSICS [url](#)
ADVANCED QUANTUM MECHANICS [url](#)
ADVANCED QUANTUM MECHANICS [url](#)
ADVANCED QUANTUM MECHANICS [url](#)
ADVANCED QUANTUM MECHANICS [url](#)
BONDS, MOLECULES, PHASES AND PHASE TRANSITIONS [url](#)
BONDS, MOLECULES, PHASES AND PHASE TRANSITIONS [url](#)
BONDS, MOLECULES, PHASES AND PHASE TRANSITIONS [url](#)
BONDS, MOLECULES, PHASES AND PHASE TRANSITIONS [url](#)
BONDS, MOLECULES, PHASES AND PHASE TRANSITIONS [url](#)
CHAOTIC BEHAVIOR OF GEOPHYSICAL FLOWS [url](#)
FUNDAMENTAL PROCESSES IN ASTROPHYSICS [url](#)
FUNDAMENTAL PROCESSES IN ASTROPHYSICS [url](#)
FUNDAMENTAL PROCESSES IN ASTROPHYSICS [url](#)
FUNDAMENTAL PROCESSES IN ASTROPHYSICS [url](#)
MACHINE LEARNING FOR PHYSICS [url](#)
MACHINE LEARNING FOR PHYSICS [url](#)
MACHINE LEARNING FOR PHYSICS [url](#)

MACHINE LEARNING FOR PHYSICS [url](#)
MACHINE LEARNING FOR PHYSICS [url](#)
NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS [url](#)
NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS [url](#)
NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS [url](#)
NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS [url](#)
PHYSICS OF COMPLEX SYSTEMS [url](#)
PHYSICS OF COMPLEX SYSTEMS [url](#)
SCIENTIFIC DATA ACQUISITION AND PROCESSING [url](#)
SCIENTIFIC DATA ACQUISITION AND PROCESSING [url](#)
SCIENTIFIC DATA ACQUISITION AND PROCESSING [url](#)
SCIENTIFIC DATA ACQUISITION AND PROCESSING [url](#)
SCIENTIFIC DATA ACQUISITION AND PROCESSING [url](#)

Area Astrofisica, Geofisica e Fisica dei plasmi/Area of Astrophysics, Geophysics and Plasma Physics

Conoscenza e comprensione

Quest'area riguarda lo studio teorico e osservativo di vari sistemi astrofisici e geofisici, l'analisi di dati da terra e dallo spazio, e la modellizzazione e le relative simulazioni numeriche.

Lo studio è dedicato ai plasmi astrofisici e alle proprietà del sistema Terra e dello spazio circumterrestre, con tematiche concernenti la fisica solare, le relazioni Sole-Terra, la fisica del plasma e la fisica dello spazio interplanetario, i resti di supernova, le galassie distanti, i lampi di raggi gamma, la cosmologia, la geofisica della terra fluida.

Le conoscenze in quest'area riguardano l'approfondimento specialistico in alcuni settori particolari, quali:

- proprietà fisiche delle strutture a grande scala dell'Universo;
- accelerazione di particelle in sistemi astrofisici quali la corona solare, le esplosioni di supernova, etc.
- relazioni Sole-Terra e ricadute tecnologiche sulle infrastrutture spaziali;
- processi fisici di base nelle stelle, nei plasmi spaziali e di laboratorio, anche nell'ambito della fusione termonucleare controllata;
- studio dei processi fisici di base del sistema Terra e dell'ambiente circumterrestre, quali la magnetosfera e il vento solare;
- dinamica dei sistemi non lineari, con particolare riguardo alla turbolenza nei fluidi e ai processi di trasporto;
- simulazioni numeriche dirette su computer ad alte prestazioni.

Gli strumenti per l'acquisizione di tali obiettivi sono le lezioni frontali, le esercitazioni e le ore di pratica in laboratorio. La verifica del raggiungimento di tali obiettivi avviene tramite gli esami orali e/o scritti. Per ogni insegnamento sono previste delle prove in itinere a metà del periodo delle lezioni.

Knowledge and understanding

This area concerns theoretical and observational studies of various astrophysical and geophysical systems, data analysis from ground and from space, and modelling and corresponding numerical simulations. The study is dedicated to astrophysical plasmas and to the properties of the Earth system and circumterrestrial space, with subjects concerning solar physics, sun-earth relations, plasma physics and interplanetary space physics, supernova remnants, distant galaxies, gamma-ray bursts, cosmology, and geophysics of the fluid Earth.

Knowledge in this area concerns advanced studies in some particular sectors, such as:

- physical properties of large-scale structures in the Universe;
- acceleration of particles in astrophysical systems, such as the solar corona, supernova explosions, etc.
- Sun-Earth relations and impacts on technological space infrastructures;
- fundamental physical processes in stars, in space and laboratory plasmas, also in the context of controlled thermonuclear fusion;
- study of the basic physical processes of the Earth system and the circumterrestrial environment, such as magnetosphere and solar wind;
- dynamics of non-linear systems, with particular regard to turbulence in fluids and transport processes;
- direct numerical simulations with high performance computing.

The tools for acquiring these objectives are lectures, exercises and lab practice. Assessment of the achievement of these objectives takes place through oral and/or written exams. For each course there are in mid-term tests during the lesson period.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Il/la laureato/a magistrale in Physics, nell'indirizzo di Astrofisica, Geofisica e Fisica dei plasmi, dovrà essere in grado di

- sviluppare modelli fisici e statistici per i fenomeni osservati;

- analizzare i dati osservativi e sperimentali con tecniche allo stato dell'arte.

Gli strumenti metodologici acquisiti durante i corsi specialistici, sono applicati ad ambiti legati alla fisica teorica di base concernenti processi astrofisici, sia a grande scala che a scale locali, e geofisici, ad applicazioni nell'ambito della tecnologia di infrastrutture spaziali, e applicazioni legate a simulazioni numeriche dirette di plasmi e fluidi geofisici.

La verifica dell'acquisizione delle capacità di applicare conoscenza e comprensione avviene tramite lo svolgimento di esercitazioni numeriche, informatiche e di laboratorio all'interno degli insegnamenti, tramite la stesura di elaborati scritti sulle attività di laboratorio ed il superamento delle prove di esame.

Ability to apply knowledge and understanding

Master graduates in Physics, Astrophysics, Geophysics and Plasma Physics, must be able to:

- develop physical and statistical models for the observed phenomena;
- analyze the observational and experimental data with state-of-the-art techniques.

The methodological tools acquired during the master courses are applied to areas related to basic theoretical physics concerning astrophysical processes, both on a large and on a local scale, and geophysical processes, to the field of space infrastructure technology, and to direct numerical simulations of plasmas and geophysical fluids.

The assessment of the ability to apply knowledge and understanding takes place through numerical, computer and laboratory activities, through written reports on laboratory activities and the passing of exams.

Le conoscenze e capacità sono conseguite e verificate nelle seguenti attività formative:

ASTROPHYSICS LABORATORY [url](#)
CHAOTIC BEHAVIOR OF GEOPHYSICAL FLOWS [url](#)
FUNDAMENTAL PROCESSES IN ASTROPHYSICS [url](#)
FUNDAMENTAL PROCESSES IN ASTROPHYSICS [url](#)
FUNDAMENTAL PROCESSES IN ASTROPHYSICS [url](#)
FUNDAMENTAL PROCESSES IN ASTROPHYSICS [url](#)
PHYSICS OF COMPLEX SYSTEMS [url](#)
PHYSICS OF COMPLEX SYSTEMS [url](#)
PLASMA ASTROPHYSICS [url](#)
SOLAR PHYSICS AND SUN-EARTH CONNECTION [url](#)
SPACE PHYSICS [url](#)

Area Fisica dell'Atmosfera, Meteorologia e Climatologia/Area of Physics of the Atmosphere, Meteorology and Climatology

Conoscenza e comprensione

Quest'area riguarda lo studio della fisica dell'atmosfera, con riferimento alle problematiche connesse con la meteorologia e la climatologia per come specificato nei documenti n. 29, Vol. 1 (2015) e n. 1083 (2012) del World Meteorological Organization (WMO).

Lo studio in questo ambito è dedicato alla fisica dell'atmosfera, alla meteorologia fisica, alla meteorologia dinamica, alla meteorologia sinottica e della mesoscala e alla climatologia.

Le conoscenze e competenze riguardano approfondimenti specialistici applicati al sistema meteo-climatico, quali:

- composizione dell'atmosfera, termodinamica e fisica delle nuvole;
- meteorologia dello strato limite planetario;
- sistemi osservativi e remote sensing;
- dinamica dell'atmosfera e previsioni meteorologiche numeriche;
- sistemi tropicali, polari e di media latitudine;
- sistemi meteorologici alla mesoscala;
- servizi di previsioni meteorologiche;
- circolazione globale dell'atmosfera;
- variabilità climatica e cambiamenti climatici.

La comprensione di questi argomenti è garantita da un'ampia offerta di insegnamenti: lezioni frontali e laboratori avanzati, ai quali si aggiungono attività seminariali e periodi di stage.

Gli strumenti per l'acquisizione di tali obiettivi sono le lezioni frontali, le esercitazioni e le ore di pratica in laboratorio. La verifica del raggiungimento di tali obiettivi avviene tramite gli esami orali e/o scritti. Per ogni insegnamento sono previste delle prove in itinere a metà del periodo delle lezioni.

Knowledge and understanding

This area concerns the study of the physics of the atmosphere, with reference to the problems connected with meteorology and climatology as specified in documents n. 29, Vol. 1 (2015) and n. 1083 (2012) of the World Meteorological Organization (WMO).

The study in this area focuses on the physics of the atmosphere, physical meteorology, dynamic meteorology, synoptic and mesoscale meteorology and climatology.

Knowledge and skills acquired focus on advanced topics applied to weather-climate systems, such as:

- composition of the atmosphere, thermodynamics and physics of clouds;
- meteorology of the planetary boundary layer;
- observing and remote sensing systems;
- dynamics of the atmosphere and numerical meteorological predictions;
- tropical, polar and mid-latitude systems;
- mesoscale meteorological systems;
- weather forecasting services;
- global circulation of the atmosphere;
- climate variability and climate change.

The understanding of these topics is ensured by a wide range of courses: lectures and advanced laboratories, seminars and internships.

The tools for acquiring these objectives are lectures, exercises and lab practice. The achievement of these objectives will be assessed through oral and/or written exams. For each course there are mid-term tests during the lesson period.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Il/la laureato/a magistrale in Physics, nell'indirizzo di Fisica dell'atmosfera, Meteorologia e Climatologia, dovrà essere in grado di applicare conoscenza e comprensione nell'ambito meteo-climatico, come stabilito dai documenti WMO n. 29, Vol. 1 (2015) e n. 1083 (2012).

Gli strumenti metodologici e tecnologici acquisiti durante i corsi specialistici sono applicati ad ambiti legati alla fisica dell'atmosfera, alle osservazioni e analisi dei dati, con particolare riguardo ai processi di remote sensing, ai processi di turbolenza e ai processi di strato limite, ai sistemi meteorologici alla scala sinottica e alla mesoscala, all'analisi dei cambiamenti climatici, ai sistemi di previsione meteorologica e servizi relativi, alle simulazioni numeriche dirette, con applicazioni anche al settore della meteorologia spaziale.

La verifica dell'acquisizione delle capacità di applicare conoscenza e comprensione avviene tramite lo svolgimento di esercitazioni numeriche, informatiche e di laboratorio all'interno degli insegnamenti, tramite la stesura di elaborati scritti sulle attività di laboratorio ed il superamento delle prove di esame.

Ability to apply knowledge and understanding

Graduates in Physics, in the area of Physics of the Atmosphere, Meteorology and Climatology, must be able to apply knowledge and understanding in the meteorological-climatic field, as established by WMO documents no. 29, Vol. 1 (2015) and n. 1083 (2012).

The methodological and technological tools acquired during advanced courses are applied to areas related to physics of atmosphere, observations and data analysis, with special attention to remote sensing processes, turbulence and boundary layer processes, systems at the synoptic and mesoscale scales, analysis of climate changes, meteorological forecast systems and related services, and direct numerical simulations, with applications also to the space weather sector.

The assessment of the ability to apply knowledge and understanding takes place through numerical, computer and laboratory activities, through written reports on laboratory activities and the passing exams.

Le conoscenze e capacità sono conseguite e verificate nelle seguenti attività formative:

CHAOTIC BEHAVIOR OF GEOPHYSICAL FLOWS [url](#)

DYNAMICS OF THE ATMOSPHERE [url](#)

GEOPHYSICS LABORATORY [url](#)

PHYSICS OF COMPLEX SYSTEMS [url](#)

PHYSICS OF COMPLEX SYSTEMS [url](#)

SPACE PHYSICS [url](#)

SPACE WEATHER [url](#)

SYNOPTIC AND MESOSCALE METEOROLOGY [url](#)

Area di Fisica Nucleare e Subnucleare/ Area of Nuclear and Subnuclear Physics

Conoscenza e comprensione

Quest'area propone a studenti/esse l'approfondimento specialistico, teorico e sperimentale, della Fisica delle interazioni fondamentali delle particelle elementari e dei nuclei. Le attività formative, per la parte sperimentale, riguardano tutte le fasi che caratterizzano la vita di un esperimento di Fisica Nucleare o Subnucleare: studio dei dispositivi per la rivelazione delle particelle, progettazione degli esperimenti attraverso studi di fattibilità e simulazioni Monte Carlo delle principali interazioni che si vogliono studiare, realizzazione, test e calibrazione degli strumenti, tecniche di acquisizione dati ed analisi dati.

Per la parte teorica, la proposta formativa prevede la conoscenza della teoria dei campi quantistica e delle tecniche di calcolo basate sul metodo perturbativo, con particolare riferimento alle applicazioni nell'ambito del Modello Standard delle Interazioni fondamentali.

La comprensione di questi argomenti è garantita da un'ampia offerta di insegnamenti: lezioni frontali e laboratori avanzati, ed inoltre da attività seminariali e periodi di stage.

Gli strumenti per l'acquisizione di tali obiettivi sono le lezioni frontali, le esercitazioni e le ore di pratica in laboratorio. La verifica del raggiungimento di tali obiettivi avviene tramite gli esami orali e/o scritti. Per ogni insegnamento sono previste delle prove in itinere a metà del periodo delle lezioni.

Knowledge and understanding

This area offers students advanced, theoretical and experimental studies of the fundamental interactions of elementary particles and nuclei. For the experimental part, the training activities focus on all the phases of a Nuclear or Subnuclear Physics experiment: study of the devices for the detection of particles, design of the experiments through feasibility studies and Monte Carlo simulations of the main investigated interactions, fabrication, test and calibration of instruments, data acquisition and data analysis techniques.

As regards the theoretical part, the educational proposal includes knowledge of quantum field theory and calculation techniques based on the perturbative method, with special reference to applications within the Standard Model of Fundamental Interactions.

The understanding of these topics is guaranteed by a wide range of courses: lectures and advanced laboratories, as well as by seminars and internships.

The tools for acquiring these objectives are lectures, exercises and hours of practice (laboratory activities). The assessment of the achievement of these objectives takes place through oral and/or written exams. For each course there are mid-term tests during the lesson period.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Il/la laureato/a magistrale in Physics, nell'indirizzo di Fisica nucleare e subnucleare dovrà essere in grado di

- progettare e realizzare nuovi esperimenti e/o rivelatori;
- calcolare larghezze di decadimento di particelle e sezioni d'urto di collisione in teoria perturbativa, per un dato tipo di interazione fondamentale;
- sviluppare modelli teorici, ispirati dalla fisica delle interazioni fondamentali, per la descrizione di fenomeni complessi anche in ambito diverso dalla fisica delle particelle ed eventualmente con l'ausilio di tecniche numeriche;
- saper trattare e analizzare dati di notevole complessità;
- applicare le conoscenze acquisite nell'ambito delle interazioni fondamentali anche in particolari ambiti della Fisica Medica, della Fisica Sanitaria e del monitoraggio ambientale.

La verifica dell'acquisizione delle capacità di applicare conoscenza e comprensione avviene tramite lo svolgimento di esercitazioni numeriche, informatiche e di laboratorio all'interno degli insegnamenti, tramite la stesura di elaborati scritti sulle attività di laboratorio ed il superamento delle prove di esame.

Ability to apply knowledge and understanding

The graduate in Physics, in nuclear and subnuclear physics, must be able to:

- design and implement new experiments and/or detectors;
- calculate decay widths of particles and collision cross sections in perturbation theory, for a given type of fundamental interaction;
- develop theoretical models, inspired by the physics of fundamental interactions, for the description of complex phenomena also in a field other than particle physics and possibly with the aid of numerical techniques;
- know how to process and analyze complex data;
- apply the knowledge acquired in the context of fundamental interactions also in particular areas of Medical Physics,

Health Physics and environmental monitoring.

The assessment of the acquisition of the ability to apply knowledge and understanding takes place through numerical, computer and laboratory activities, through written reports on laboratory activities and the passing of exams.

Le conoscenze e capacità sono conseguite e verificate nelle seguenti attività formative:

NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS [url](#)

NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS [url](#)

NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS [url](#)

NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS [url](#)

NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS LABORATORY I [url](#)

PARTICLE PHYSICS PHENOMENOLOGY I [url](#)

PARTICLE PHYSICS PHENOMENOLOGY II [url](#)

QUANTUM FIELD THEORY I [url](#)

QUANTUM FIELD THEORY II [url](#)

Area Fisica della Materia/ Area of Matter Physics

Conoscenza e comprensione

Quest'area propone a studenti/esse l'approfondimento specialistico, teorico e sperimentale, della Fisica della Materia condensata nelle sue varie forme: dalla Fisica atomica e molecolare a quella dello stato solido, fino alla fisica dei sistemi biologici. Le attività formative, per la parte sperimentale, riguardano 1) le varie tecniche spettroscopiche di indagine delle proprietà elettroniche e strutturali dei solidi, delle superfici e delle interfacce, dei materiali nano-strutturati e a bassa dimensionalità, 2) la struttura e le proprietà dinamiche dei bio-sistemi, 3) i metodi fisici più utili in ambito biomedicale. Per la parte teorica, si approfondiscono la fisica degli stati condensati, l'interazione radiazione-materia, la meccanica statistica e la fisica dei sistemi quantistici coerenti.

La comprensione di questi argomenti è garantita da un'ampia offerta di insegnamenti: lezioni ed esercitazioni frontali ed esercitazioni pratiche in laboratori avanzati, ed inoltre da attività seminariali e periodi di stage.

La verifica del raggiungimento di tali obiettivi avviene tramite esami orali e/o scritti volti a testare non solo la comprensione dei concetti studiati, ma anche la conoscenza critica dei limiti di applicabilità dei modelli interpretativi considerati.

Knowledge and understanding

This area offers to students advanced theoretical and experimental study of Condensed Matter Physics in its various forms: from atomic and molecular physics to solid state physics, up to the physics of biological systems. For the experimental part, the training activities concern 1) the various spectroscopic techniques for investigating the electronic and structural properties of solids, surfaces and interfaces, nano-structured and low-dimensional materials, 2) the spectroscopic techniques, optical and magnetic, and calorimetry for investigating the structural, dynamic and molecular properties of bio-systems, 3) the most useful physical methods in the biomedical field. For the theoretical part, the physics of condensed states, the radiation-matter interaction, the statistical mechanics and the physics of coherent quantum systems are studied.

The understanding of these topics is guaranteed by a wide range of courses: lectures and exercises and practical exercises in advanced laboratories, and also by seminars and internships.

The assessment of the achievement of these objectives takes place through oral and/or written exams aimed at testing not only the understanding of the studied topics, but also the critical knowledge of the limits of the considered interpretative models. For each course there are mid-term tests during the lesson period.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Le studentesse e gli studenti saranno in grado di applicare le conoscenze e le capacità di comprensione dei principali risultati della Fisica della Materia Condensata, della Fisica Quantistica e della Biofisica, spaziando dalle questioni legate alla fisica di base fino alle applicazioni tecnologiche da esse derivate.

Il/la laureato/a magistrale in Physics, nell'indirizzo di Fisica della Materia dovrà essere in grado di

- utilizzare un approccio critico basato sul metodo scientifico nell'analizzare dati e fenomeni, interpretandoli tramite modelli quantitativi;
- progettare e realizzare nuovi esperimenti;
- sviluppare modelli teorici avanzati per la descrizione dei fenomeni, anche attraverso l'ausilio di tecniche numeriche;

- applicare le proprie competenze nel settore della ricerca, sia in ambito pubblico che in aziende private che utilizzano tecnologie avanzate nei settori legati allo sviluppo e alle applicazioni di nano- e bio-materiali e di dispositivi quantistici. La verifica dell'acquisizione delle capacità di applicare conoscenza e comprensione avviene tramite lo svolgimento di esercitazioni numeriche, informatiche e di laboratorio all'interno degli insegnamenti, tramite la stesura di elaborati scritti sulle attività di laboratorio ed il superamento delle prove di esame.

Ability to apply knowledge and understanding

Students will be able to apply the knowledge and understanding of the main results of Condensed Matter Physics, Quantum Physics and Biophysics, ranging from issues related to basic physics and to technological applications. Graduates in Physics, in the Physics of Matter curriculum, must be able to:

- use a critical approach based on the scientific method in analyzing data and phenomena, interpreting them through quantitative models;
- design and carry out new experiments;
- develop advanced theoretical models for the description of phenomena, also using numerical techniques;
- apply their skills in the research areas, both in public and private companies, that use advanced technologies for the development and applications of nano- and bio-materials and quantum devices.

The assessment of the achievement to apply knowledge and understanding takes place through numerical, computer and laboratory activities, through written reports on laboratory activities and the passing of exams.

Le conoscenze e capacità sono conseguite e verificate nelle seguenti attività formative:

BIOPHYSICS [url](#)
BIOPHYSICS LABORATORY [url](#)
BIOPHYSICS LABORATORY [url](#)
CONDENSED MATTER PHYSICS LABORATORY [url](#)
CONDENSED MATTER PHYSICS LABORATORY [url](#)
LINEAR AND NON-LINEAR SPECTROSCOPIES [url](#)
LINEAR AND NON-LINEAR SPECTROSCOPIES [url](#)
PHYSICAL METHODS IN BIO-MEDICINE [url](#)
SOLID STATE PHYSICS [url](#)
SOLID STATE PHYSICS [url](#)
STATISTICAL MECHANICS [url](#)
SURFACE PHYSICS [url](#)
SURFACE PHYSICS [url](#)
THEORETICAL CONDENSED MATTER PHYSICS [url](#)

Area Fisica e Tecnologia dei Materiali /Area of Physics and Technology of Materials

Conoscenza e comprensione

Quest'area propone a studenti/esse l'approfondimento specialistico, teorico, sperimentale ed applicativo, della Fisica e della tecnologia dei materiali a differenti scale, trattando atomi, molecole, solidi, polimeri e mesofasi liquido-cristalline (sia organiche che inorganiche), con un accenno ai metamateriali ibridi e compositi, cioè a quei materiali prodotti artificialmente per possedere particolari proprietà fisiche. Le attività formative comprendono insegnamenti volti, nella maggior parte dei casi, a fornire unitamente una preparazione teorica e sperimentale sui materiali noti e di nuova generazione, approfondendo aspetti della fisica degli stati condensati e l'interazione radiazione materia. Particolare attenzione viene data alle esperienze di laboratorio riguardanti le varie tecniche spettroscopiche di caratterizzazione della struttura e delle proprietà elettroniche dei materiali, nonché allo studio della loro risposta ottica e fotonica. La comprensione di questi argomenti è garantita da un'ampia offerta di insegnamenti: lezioni frontali e laboratori avanzati, ed inoltre da attività seminariali e periodi di stage. Gli strumenti per l'acquisizione di tali obiettivi sono le lezioni frontali, le esercitazioni e le ore di pratica in laboratorio. La verifica del raggiungimento di tali obiettivi avviene tramite gli esami orali e/o scritti. Per ogni insegnamento sono previste delle prove in itinere a metà del periodo delle lezioni.

Knowledge and understanding

This area offers advanced theoretical, experimental and applicative studies of Physics and technology of materials at a different scale, starting from atoms, molecules, solids, polymers and liquid-crystalline mesophases (both organic and inorganic), up to hybrid and composite metamaterials, i.e. those materials that are artificially produced in order to have special physical properties.

Educational activities include teachings aimed at providing a theoretical and experimental preparation on known and new generation materials, further analysing aspects of condensed states physics and the interaction of radiation with matter. Particular attention is devoted to laboratory experiences concerning the various spectroscopic techniques used for the structure and electronic properties characterization of materials, as well as to the study of their optical and photonic response.

The understanding of these topics is guaranteed by a wide range of lessons such as lectures and advanced workshops, seminars and internships.

The tools for the acquisition of these objectives are lectures, exercises and laboratory activities. The achievement of these objectives is assessed by oral and/or written examinations.

For each course, students' preparation will be evaluated through mid-term test during the training period.

Ability to apply knowledge and understanding

Students will be able to apply knowledge and understanding of the main results of Condensed Matter Physics, Optics and Photonics, Surface Physics and the most advanced techniques of Microscopy and Spectroscopy, both Molecular and Linear and Non-Linear, with insights and applications on both known and innovative materials, and related technology.

Master graduates in Physics, in the curriculum of Physics and Technology of Materials, must be able to:

- apply a highly qualified scientific approach that can be exploited in both public and private research, and in companies that use advanced technologies in the fields of physics of innovative materials at different scales, with mastery of sophisticated investigation methodologies and the ability to use and implement them for both basic and applied research;
- apply optics and photonics knowledge to different types of materials, as well as the most advanced techniques of microscopic and spectroscopic characterization,
- design and implement new experiments, develop advanced theoretical models for the description of phenomena, also with the aid of numerical techniques;

The assessment of the ability to apply knowledge and understanding takes place through numerical, computer and laboratory activities, through written reports on laboratory activities and the passing of exams.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Le studentesse e gli studenti saranno in grado di applicare le conoscenze e le capacità di comprensione dei principali risultati della Fisica della Materia Condensata, dell'Optica e della Fotonica, della fisica delle Superfici e delle tecniche più avanzate di Microscopia e Spettroscopia, sia Molecolare che Lineare e Non Lineare, con approfondimenti ed applicazioni su materiali sia conosciuti che innovativi, per arrivare alle tecnologie da esse derivate. Il/la laureato/a magistrale in Physics, nell'indirizzo di Fisica e Tecnologia dei Materiali dovrà essere in grado di

- applicare un approccio scientifico di elevata qualificazione sfruttabile nell'ambito della ricerca sia pubblica che privata, e nelle aziende che utilizzano tecnologie avanzate nei settori della fisica dei materiali innovativi a differenti scale, con padronanza di metodologie di indagine sofisticate e capacità di utilizzarle ed implementarle sia per la ricerca di base che applicata;
- applicare le nozioni di ottica e fotonica su differenti tipologie di materiali, come anche le più avanzate tecniche di caratterizzazione microscopica e spettroscopica,
- progettare e realizzare nuovi esperimenti, sviluppare modelli teorici avanzati per la descrizione dei fenomeni, anche attraverso l'ausilio di tecniche numeriche.

La verifica dell'acquisizione delle capacità di applicare conoscenza e comprensione avviene tramite lo svolgimento di esercitazioni numeriche, informatiche e di laboratorio all'interno degli insegnamenti, tramite la stesura di elaborati scritti sulle attività di laboratorio ed il superamento delle prove di esame.

Ability to apply knowledge and understanding

Students will be able to apply knowledge and understanding of the main results of Condensed Matter Physics, Optics and Photonics, Surface Physics and the most advanced techniques of Molecular, Linear and Non-Linear Microscopy and Spectroscopy, with insights and applications on both known and innovative materials, and related technology.

Master graduates in Physics, in the curriculum of Physics and Technology of Materials, must be able to:

- apply a highly qualified scientific approach that can be exploited in both public and private research, and in companies that use advanced technologies in the fields of physics of innovative materials at different scales, with mastery of sophisticated investigation methodologies and the ability to use and implement them for both basic and applied research;
- apply optics and photonics knowledge on different types of materials, as well as the most advanced techniques of microscopic and spectroscopic characterization,
- design and implement new experiments, develop advanced theoretical models for the description of phenomena, also with the support of numerical techniques;

The assessment of the ability to apply knowledge and understanding takes place through numerical, computer and laboratory activities, through written reports on laboratory activities and the passing of exams.

Le conoscenze e capacità sono conseguite e verificate nelle seguenti attività formative:

BIOPHYSICS LABORATORY [url](#)
BIOPHYSICS LABORATORY [url](#)
CONDENSED MATTER PHYSICS LABORATORY [url](#)
CONDENSED MATTER PHYSICS LABORATORY [url](#)
LINEAR AND NON-LINEAR SPECTROSCOPIES [url](#)
LINEAR AND NON-LINEAR SPECTROSCOPIES [url](#)
MICROSCOPY [url](#)
MOLECULAR SPECTROSCOPY [url](#)
OPTICS AND PHOTONICS [url](#)
SOFT MATTER PHYSICS [url](#)
SOLID STATE PHYSICS [url](#)
SOLID STATE PHYSICS [url](#)
SURFACE PHYSICS [url](#)
SURFACE PHYSICS [url](#)

Annex 1- Official study plan for full-time students (2024-2025)

Astrophysics, Geophysics and Plasma Physics (216)

Year	Semester	Teaching	Attività formative	Ambito	SSD	ECTS lect.	ECTS exerc.	ECTS lab.	ECTS	
1	I	Scientific data acquisition and processing	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/07	4	-	2	6	
		Advanced computer science for physics	Altre attività formative	Abilità informatiche e telematiche	INF/01	1	2	-	3	
		Machine learning for physics	Altre attività formative	Abilità informatiche e telematiche	FIS/02	0	3	-	3	
		Advanced mathematical methods for physics	Affine o integrativa		MAT/07	4	2	-	6	
		Physics of complex systems	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	5	1	-	6	
		Fundamental processes in astrophysics	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	5	1	-	6	
	II	Astrophysics laboratory	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	3	-	3	6	
		Space physics	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	4	2	-	6	
		Nuclear and particle physics	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/01	5	1	-	6	
		Bonds, molecules, phases and phase transitions	Affine o integrativa		CHIM/02	4	2	-	6	
		<i>Elective course</i>	Altre attività formative	A scelta dello studente					6	
	2	I	Solar physics and Sun-Earth connection	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	4	2	-	6
			Advanced computational physics	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	5	1	-	6
			Plasma astrophysics	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	5	1	-	6
<i>Elective course</i>			Altre attività formative	A scelta dello studente					6	
II		Thesis	Altre attività formative						36	
ECTS Total									120	

Physics of the Atmosphere, Meteorology and Climatology (220)

Year	Semester	Teaching	Attività formativa	Ambito	SSD	ECTS lect.	ECTS exerc.	ECTS lab.	ECTS
1	I	Scientific data acquisition and processing	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/07	4	-	2	6
		Advanced computer science for physics	Altre attività formative	Abilità informatiche e telematiche	INF/01	1	2	-	3
		Machine learning for physics	Altre attività formative	Abilità informatiche e telematiche	FIS/02	0	3	-	3
		Advanced mathematical methods for physics	Affine o integrativa		MAT/07	4	2	-	6
		Advanced quantum mechanics	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	4	2	-	6
		Chaotic behavior of geophysical flows	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	5	1	-	6
	II	Geophysics laboratory	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/01	3	-	3	6
		Dynamics of the atmosphere	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	5	1	-	6
		Nuclear and particle physics	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/01	5	1	-	6
		Bonds, molecules, phases and phase transitions	Affine o integrativa		CHIM/02	4	2	-	6
		<i>Elective course</i>	Altre attività formative	A scelta dello studente					6
2	I	Space weather	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	4	2	-	6
		Synoptic and mesoscale meteorology	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	5	1	-	6
		Fundamental processes in astrophysics	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	5	1	-	6
		<i>Elective course</i>	Altre attività formative	A scelta dello studente					6
	II	Thesis	Altre attività formative						36
ECTS Total									120

Nuclear and Subnuclear Physics (219)

Year	Semester	Teaching	Attività formativa	Ambito	SSD	ECTS lect.	ECTS exerc.	ECTS lab.	ECTS
1	I	Scientific data acquisition and processing	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/07	4	-	2	6
		Advanced computer science for physics	Altre attività formative	Abilità informatiche e telematiche	INF/01	1	2	-	3
		Machine learning for physics	Altre attività formative	Abilità informatiche e telematiche	FIS/02	0	3	-	3
		Advanced mathematical methods for physics	Affine o integrativa		MAT/07	4	2	-	6
		Advanced quantum mechanics	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	4	2	-	6
		Fundamental processes in astrophysics	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	5	1	-	6
	II	Nuclear and particle physics laboratory I	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/01	2	-	4	6
		Quantum field theory I	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	4	2	-	6
		Nuclear and particle physics	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/01	5	1	-	6
		Bonds, molecules, phases and phase transitions	Affine o integrativa		CHIM/02	4	2	-	6
		<i>Elective course</i>	Altre attività formative	A scelta dello studente					6
2	I	Quantum field theory II	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	4	2	-	6
		Particle physics phenomenology I	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/01	5	1	-	6
		Particle physics phenomenology II	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/01	5	1	-	6
		<i>Elective course</i>	Altre attività formative	A scelta dello studente					6
	II	Thesis	Altre attività formative						36
ECTS Total									120

Matter Physics (217)

Year	Semester	Teaching	Attività formativa	Ambito	SSD	ECTS lect.	ECTS exerc.	ECTS lab.	ECTS
1	I	Scientific data acquisition and processing	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/07	4	-	2	6
		Advanced computer science for physics	Altre attività formative	Abilità informatiche e telematiche	INF/01	1	2	-	3
		Machine learning for physics	Altre attività formative	Abilità informatiche e telematiche	FIS/02	0	3	-	3
		Advanced mathematical methods for physics	Affine o integrativa		MAT/07	4	2	-	6
		Advanced quantum mechanics	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	4	2	-	6
		<i>One of the following:</i> - Solid state physics - Biophysics	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/07	5 4	1 2	- -	6
	II	<i>One of the following:</i> - Biophysics laboratory - Condensed matter physics laboratory - Theoretical condensed matter physics	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	3 3 4	- - 2	3 3 -	6
		<i>One of the following:</i> - Surface physics - Physical methods in bio-medicine	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/01 FIS/07	4	2	-	6
		Nuclear and particle physics	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/01	5	1	-	6
		Bonds, molecules, phases and phase transitions	Affine o integrativa		CHIM/02	4	2	-	6
		<i>Elective course</i>	Altre attività formative	A scelta dello studente					6
		2	I	<i>One of the following:</i> - Physics of complex systems	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	5 4	1 2

		-Statistical mechanics							
		Linear and non-linear spectroscopies	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/07	4	1	1	6
		Fundamental processes in astrophysics	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	5	1	-	6
		<i>Elective course</i>	Altre attività formative	A scelta dello studente					6
	II	Thesis	Altre attività formative						36
ECTS Total									120

Physics and Technology of Materials (218)

Year	Semester	Teaching	Attività formativa	Ambito	SSD	ECTS lect.	ECTS exerc.	ECTS lab.	ECTS
1	I	Scientific data acquisition and processing	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/07	4	-	2	6
		Advanced computer science for physics	Altre attività formative	Abilità informatiche e telematiche	INF/01	1	2	-	3
		Machine learning for physics	Altre attività formative	Abilità informatiche e telematiche	FIS/02	0	3	-	3
		Advanced mathematical methods for physics	Affine o integrativa		MAT/07	4	2	-	6
		Advanced quantum mechanics	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	4	2	-	6
		<i>One of the following:</i> - Solid state physics - Soft matter physics	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/07	5 4	1 1	- 1	6
	II	<i>One of the following:</i> - Biophysics laboratory - Condensed matter physics laboratory	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	3 3	- -	3 3	6
		Surface physics	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/01	4	2	-	6
		Optics and photonics	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	4	-	2	6
		Bonds, molecules, phases and phase transitions	Affine o integrativa		CHIM/02	4	2	-	6
		<i>Elective course</i>	Altre attività formative	A scelta dello studente					6
2	I	Microscopy	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	4	-	2	6
		Linear and non-linear spectroscopies	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/07	4	1	1	6
		Molecular spectroscopy	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	FIS/07	4	-	2	6
		<i>Elective course</i>	Altre attività formative	A scelta dello studente					6
	II	Thesis	Altre attività formative						36
ECTS Total									120

Suggested Elective Courses

Year	Semester	Teaching	Attività formative	Ambito	SSD	ECTS lect.	ECTS exerc.	ECTS lab.	ECTS
2	I	Computational biophysics	Altre attività formative	A scelta dello studente	FIS/07	4	2	-	6
1	II	Cosmology	Altre attività formative	A scelta dello studente	FIS/05	3	3	-	6
2	I	High-energy astrophysics	Altre attività formative	A scelta dello studente	FIS/05	4	2	-	6
2	I	Mathematics education	Altre attività formative	A scelta dello studente	MAT/04	4	-	2	6
2	I	Mesophases and metastructures	Altre attività formative	A scelta dello studente	FIS/03	4	-	2	6
2	I	Nuclear and particle physics laboratory II	Altre attività formative	A scelta dello studente	FIS/01	3	-	3	6
1	II	Physics education	Altre attività formative	A scelta dello studente	FIS/08	5	1	-	6