

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN FISICA (ALLEGATO B1)

I ANNO

| | Insegnamento | CFU | Moduli | S.S.D. | Tipologia | Ambito | Modalità di svolgimento |
|----------------------------|---------------------------|------------|--|---------------|-----------------------------------|--|--------------------------------|
| 1 | Analisi Matematica 1 | 12 | 1 | MAT/05 | Base | Discipline matematiche e informatiche | LF |
| 2 | Geometria | 9 | 1 | MAT/03 | Affine | Discipline matematiche e informatiche | LF |
| 3 | Informatica | 9 | 1 | INF/01 | 6CFU: Affine 3CFU:(art.10,5 d) | Discipline matematiche e informatiche e Abilità Informatiche e Telematiche | LF+LAB |
| 4 | Meccanica e Termodinamica | 15 | 1 | FIS/01 | Base | Discipline fisiche | LF |
| 5 | Laboratorio di Fisica 1 | 9 | 1 | FIS/01 | Caratterizzante | Sperimentale e applicativo | LF + LAB |
| 6 | Chimica | 6 | 1 | CHIM/03 | Base | Discipline chimiche | LF |
| TOTALE CFU I ANNO | | 60 | | | | | |
| Totale esami I anno | | 6 | Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio | | | | |

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN FISICA (ALLEGATO B1)

II ANNO

| | Insegnamento | CFU | Moduli | S.S.D. | Tipologia | Ambito | Modalità di svolgimento |
|-----------------------------|---------------------------------|------------|--|---------------|------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Analisi Matematica 2 | 9 | 1 | MAT/05 | Base | Discipline matematiche e informatiche | LF |
| 2 | Meccanica Analitica | 6 | 1 | MAT/07 | Affine | Discipline matematiche e informatiche | LF |
| 3 | Elettromagnetismo | 9 | 1 | FIS/01 | Base | Discipline fisiche | LF |
| 4 | Onde e Ottica con Laboratorio | 9 | 1 | FIS/01 | Base | Discipline fisiche | LF + LAB |
| 5 | Laboratorio di Fisica 2 | 9 | 1 | FIS/01 | Caratterizzante | Sperimentale e applicativo | LF + LAB |
| 6 | Metodi Matematici della Fisica | 9 | 1 | FIS/02 | Caratterizzante | Teorico e dei fondamenti della fisica | LF |
| 7 | Attività a scelta libera | 6 | | | (art. 10, 5a) | A scelta | |
| 8 | Laboratorio di Lingua Straniera | 3 | 1 | | | | |
| TOTALE CFU II ANNO | | 60 | | | | | |
| Totale esami II anno | | 8 | Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio | | | | |

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN FISICA (ALLEGATO B1)**III ANNO**

| | Insegnamento | CFU | Moduli | S.S.D. | Tipologia | Ambito | Modalità di svolgimento |
|------------------------------|--------------------------------------|------------|--|---------------|------------------|--|--------------------------------|
| 1 | Istituzioni di Meccanica Quantistica | 12 | 1 | FIS/02 | Caratterizzante | Teorico e dei fondamenti della fisica | LF |
| 2 | Laboratorio di Fisica 3 | 9 | 1 | FIS/01 | Caratterizzante | Sperimentale e applicativo | LF+LAB |
| 3 | Metodi computazionali in Fisica | 6 | 1 | FIS/02 | Caratterizzante | Teorico e dei fondamenti della fisica Discipline fisiche | |
| 4 | Elementi di Fisica della Materia | 9 | 1 | FIS/03 | Caratterizzante | Microfisico e della struttura della materia | LF |
| 5 | Relatività, Nuclei e Particelle | 9 | 1 | FIS/04 | Caratterizzante | Microfisico e della struttura della materia | LF |
| 6 | Attività a scelta libera | 6 | | | (art. 10, 5a) | A scelta | |
| 7 | Attività a scelta libera | 6 | | | (art. 10, 5a) | A scelta | |
| 8 | Prova Finale | 3 | | | | | |
| TOTALE CFU III ANNO | | 60 | | | | | |
| Totale esami III anno | | 8 | Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio | | | | |

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN FISICA (ALLEGATO B1)**Corsi a scelta nei S.S.D. di Fisica**

| | Insegnamento | CFU | Moduli | S.S.D. | Tipologia | Anno | Modalità di svolgimento |
|----|--|------------|---------------|------------------|------------------|-------------|--------------------------------|
| 1 | Analisi statistica dei dati sperimentali | 6 | 1 | FIS/01 | A scelta | 2 | LF + LAB |
| 2 | Chimica Fisica Applicata | 6 | 1 | CHIM/02 | A scelta | 2 | LF + LAB |
| 3 | Intelligenza Computazionale | 6 | 1 | INF/01 | A scelta | 2 | LF + LAB |
| 4 | Sistemi Dinamici | 6 | 1 | FIS/02 | A scelta | 2 | LF |
| 5 | Complementi di Fisica Matematica | 6 | 1 | MAT/07 | A scelta | 3 | LF |
| 6 | Elementi di Astrofisica | 6 | 1 | FIS/05 | A scelta | 3 | LF |
| 7 | Elementi di Biofisica | 6 | 1 | FIS/07 | A scelta | 3 | LF |
| 8 | Elementi di Geofisica | 6 | 1 | FIS/06 | A scelta | 3 | LF |
| 9 | Elementi di Relatività e Cosmologia | 6 | 1 | FIS/02 FIS/05 | A scelta | 3 | LF |
| 10 | Elementi di fisica delle radiazioni | 6 | 1 | FIS/04 | A scelta | 3 | LF |
| 11 | Elementi di meccanica statistica | 6 | 1 | FIS/02 | A scelta | 3 | LF |
| 12 | Sistemi di acquisizione dati | 6 | 1 | FIS/01 | A scelta | 3 | LF + LAB |
| 13 | Storia della Fisica | 6 | 1 | FIS/08 | A scelta | 3 | LF |

Allegato B2

Schede degli insegnamenti

| Insegnamento: ANALISI MATEMATICA 1/ MATHEMATICAL ANALYSIS 1 | | | |
|--|----------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: MAT/05 | CFU: 12 | Lezione: 58 | Esercitazione: 38 ore |
| Tipologia attività formativa: Base | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Il corso intende fornire allo studente gli strumenti essenziali del calcolo differenziale ed integrale con particolare riferimento al caso delle funzioni di una sola variabile reale. Il corso prevede un congruo numero di ore di esercitazioni; esse hanno anche il compito di stimolare un'autonoma capacità di giudizio. Gli studenti, alla fine del corso, dovranno essere in grado di tradurre in termini analitici semplici problemi concreti. | | | |
| Programma sintetico: Numeri reali e complessi. Funzioni di una variabile reale: limiti e continuità. Calcolo differenziale: estremi relativi e problemi di ottimizzazione; proprietà di monotonia e grafici di funzioni. Le regole di de l'Hospital per il calcolo di limiti. Metodi di approssimazione mediante formule di Taylor. Integrazione definita e indefinita con applicazioni al calcolo di aree. Serie numeriche. Contents: Real and complex numbers. Real-valued functions of a real variable: limits, continuity. Differential calculus: maximum and minimum problems, monotonicity, graphs. L'Hospital's rules, Taylor's theorem. Definite and indefinite integrals: area of a planar set. Infinite series. | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: primo | |
| Prerequisiti: - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari); | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale. | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: CHIMICA/ CHEMISTRY | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: CHIM/03 | CFU: 6 | Lezione: 32 ore | Esercitazione: 16 ore |
| Tipologia attività formativa: Base | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| Il corso fornirà gli elementi per la conoscenza e capacità di comprensione dei fenomeni chimici di base sviluppando le capacità applicative dello studente. | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| Cenni sulla costituzione della materia. Il legame chimico: covalente, ionico, metallico e interazioni intermolecolari. Solidi, liquidi e gas. Transizioni di fase e diagrammi di stato. Sistemi a più componenti: le soluzioni, dissoluzione di un soluto in un solvente, solubilità, soluzioni ideali e proprietà colligative. Stechiometria: significato quantitativo delle formule, numero di ossidazione e reazioni chimiche. L'equilibrio chimico e gli effetti delle perturbazioni esterne sull'equilibrio: il Principio di Le Chatelier-Braun. Equilibri in fase liquida: equilibri acido-base, applicazione degli equilibri acido-base, soluzioni tampone e curve di titolazione. Equilibri eterogenei: il prodotto di Solubilità ed effetto dello ione a comune. Cinetica chimica. Elettrochimica: pile, potenziali all'elettrodo, la pila e l'equilibrio chimico. Cenni di chimica organica. | | | |
| Contents: | | | |
| Brief history of atomic structure. Chemical bonding: covalent, ionic, metallic and intermolecular forces. Solids, liquids and gases. Phase transitions and diagrams. Solutions: dissolution of solutes in solvents, solubility, ideal solutions and colligative properties. Stoichiometry: oxidation number, chemical equations and reaction stoichiometry. Chemical equilibrium. Disturbing a system at equilibrium. Le Chatelier-Braun's principle. Ionic equilibria: acids and bases, buffers and titration curves. Heterogeneous equilibria: solubility product constants and common-ion effect. Kinetics. Electrochemistry: electrodes, voltaic cells, standard electrode potentials, voltaic cells and chemical equilibrium. Pills of organic chemistry. | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: primo | |
| Prerequisiti: | | | |
| - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari); | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: GEOMETRIA/ GEOMETRY | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: MAT/03 | CFU: 9 | Lezione: 44 ore | Esercitazione: 28 ore |
| Tipologia attività formativa: Affine | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso intende introdurre e formalizzare i concetti fondamentali dell'algebra lineare e della geometria affine ed euclidea: matrici, sistemi lineari, spazi vettoriali, teoria spettrale, rette nel piano e nello spazio, piani nello spazio, coniche. Al termine del corso lo studente sarà in grado di applicare i concetti e i metodi acquisiti per lo studio delle successive discipline.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <p>Definizione e proprietà di spazi vettoriali su di un campo K. Definizione di applicazione lineare, esempi e proprietà fondamentali. Nucleo e immagine di un'applicazione lineare e relazione tra le relative dimensioni. Isomorfismi. Algebra delle matrici quadrate su K e suo isomorfismo con l'algebra degli endomorfismi di $V_n(K)$. Gruppo lineare generale $GL(n, K)$ e suo isomorfismo con $Aut(V_n)$. Il gruppo ortogonale $O(n, R)$. Autovettori, autovalori, autospazi e polinomio caratteristico di un endomorfismo e loro proprietà. Molteplicità algebrica e geometrica di un autovalore e loro relazione. Matrici simili e loro proprietà. Endomorfismi e matrici diagonalizzabili e loro caratterizzazione. Spazi vettoriali euclidei. Prodotto scalare standard tra vettori geometrici. Prodotto scalare standard in R^n. Cenno al prodotto hermitiano standard in C^n. Diagonalizzazione ortogonale di endomorfismi e matrici. Endomorfismi simmetrici; proprietà delle matrici simmetriche reali. Il teorema spettrale. Geometria analitica nel piano e nello spazio. Riferimenti cartesiani ortogonali monometrici. Rappresentazione analitica di rette e piani. Numeri direttori di una retta. Fasci di piani. Condizioni analitiche di parallelismo e di ortogonalità (nel piano e nello spazio) tra rette, piani e rette e piani. Distanza tra insiemi nel piano e nello spazio. Coniche nel piano proiettivo complesso. Polarità associata a una conica non degenera. Coniche reali. Classificazione affine delle coniche reali non degeneri. Contents:</p> <p>Definitions and properties of vector spaces on a field K. Definition of linear transformation, examples and fundamental properties. Kernel and Image of a linear transformation, relationship between their dimensions. Isomorphism. Square matrix algebra on a field K and isomorphism with the algebra of the endomorphism $V_n(K)$. General linear group $GL(n, K)$ and isomorphism with $Aut(V_n)$. The orthogonal group $O(n, R)$. Eigenvectors, eigenvalues, eigenspaces and characteristic polynomial of an endomorphism. Algebraic and geometrical multiplicities of an eigenvalue and their relation. Similar matrices and their properties. Endomorphisms and diagonalizable matrices and their characterization. Euclidean vector spaces. Scalar product between geometrical vectors. Standard scalar product in R^n. Standard hermitian product in C^n. Orthogonal diagonalization of endomorphism and matrices. Symmetrical endomorphisms: properties of the real symmetrical matrices. The spectral theorem. Analytical geometry in plan and space. Monometric orthogonal cartesian reference systems. Analytical representation of lines and planes. Direction cosines of a line. Sheaf of planes. Analytical conditions for parallelism and orthogonality (in plane and space) between lines, planes, lines and planes. Distance between sets in the plane and in the space. Conic in the complex projective space. Polarity associated to a non-degenerate conic. Real conics. Similar classification of the non-degenerate real conics.</p> | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: primo | |
| Prerequisiti: | | | |
| - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari); | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: INFORMATICA/ INFORMATICS | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: INF/01 | CFU: 6 | Lezione: 20 ore | Esercitazione: 42 ore |
| Tipologia attività formativa: Affine | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso propone un percorso formativo orientato alla presentazione di concetti di base dell'informatica, dell'architettura e della programmazione di elaboratori elettronici. Al termine del corso lo studente acquisirà conoscenze di:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Metodi di rappresentazione dell'informazione; 2. Modelli teorici e architettura degli elaboratori elettronici; 3. Sistemi operativi; 4. Algoritmi e strutture dati fondamentali; 5. Programmazione orientata agli oggetti; 6. Metodi e tecniche per la programmazione in linguaggio C++; 7. Metodi di calcolo numerico; <p>Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Essere in grado di utilizzare un calcolatore in ambiente Unix/Linux; 2. Progettare e analizzare algoritmi; 3. Progettare applicazioni informatiche usando il paradigma ad oggetti; 4. Implementare algoritmi nel linguaggio di programmazione C++. <p>Il corso non presuppone conoscenze informatiche e dà molto risalto agli aspetti applicativi. È indispensabile seguire il laboratorio.</p> | | | |
| <p>Programma sintetico: L'Informatica come scienza per il trattamento automatico dell'informazione. Dai calcolatori meccanici ai calcolatori elettronici: modelli e architettura degli elaboratori. Macchina di Turing e Modello di Von Neumann. Sistema di numerazione binario ed esadecimale. Tecniche per la rappresentazione e la codifica delle informazioni. Sistemi operativi: gestione dei processi, gestione della memoria, gestione dell'Input/Output. Il sistema operativo Linux. Metodologia di progettazione e di programmazione orientata agli oggetti. Programmazione in linguaggio C++: struttura di un programma in C++; tipi di dati semplici e strutturati; operatori ed espressioni; le istruzioni del linguaggio; strutture di controllo; funzioni e procedure; programmazione ricorsiva; gestione di file; strutture dati dinamiche; classi e oggetti; polimorfismo. Algoritmi di calcolo numerico per la risoluzione di problemi quali: derivazione, integrazione numerica, risoluzione approssimata di equazioni.</p> | | | |
| Contents: | | | |
| <p>Computer Science as a science for automatic information processing. From mechanical to electronic computers: models and architecture. Turing Machine and Von Neumann Model. Binary and hexadecimal numbering systems. Techniques for representing and encoding information. Operating systems: management of processes, memory and input / output. The Linux operating system. Software design and Object Oriented Programming methodology. C ++ programming language. Structure of a C ++ program; Plain and structured data types; Operators and expressions; Language instructions; Control structures; Functions and procedures; Recursive programming; File management; Dynamic data structures; Classes and objects; polymorphism. Introduction to numerical algorithms for derivation, integration, and approximate solution of equations.</p> | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: primo | |
| Prerequisiti: | | | |
| - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari); | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Prova pratica al calcolatore e colloquio orale. | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: : LABORATORIO DI FISICA 1 / PHYSICS LABORATORY COURSE 1 | | | |
|---|---------------|----------------------------------|----------------------------|
| SSD: FIS/01 | CFU: 9 | Lezione: 28 ore | Laboratorio: 66 ore |
| Tipologia attività formativa: Caratterizzante | | Durata del corso: annuale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso intende fornire, allo studente, gradualmente ma adeguate competenze sulle caratteristiche di uno strumento di misura e un'introduzione all'elaborazione statistica dei dati. Lo studente valorizzerà le sue capacità applicative, effettuando misure di meccanica e termologia, apprenderà la teoria degli errori di misura e imparerà ad esporre i risultati in forma di relazione scritta, che dimostrerà il livello della sua autonomia di giudizio, della sua abilità nella comunicazione e della sua capacità di apprendere.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| Introduzione alla fisica sperimentale: | | | |
| <p>Grandezze fisiche e loro dimensioni. Unità di misura e sistemi di unità. Strumenti di misura. Misure di tempo, distanze e masse. Concetto d'incertezza di misura. Incertezze massime e relative. Incertezze casuali: concetti di media e di deviazione standard. Incertezze sistematiche. Misure indirette e propagazione delle incertezze. Rappresentazioni grafiche dei dati sperimentali.</p> | | | |
| Introduzione all'analisi statistica dei dati sperimentali | | | |
| <p>Introduzione alla probabilità e statistica. Variabili casuali e loro funzioni di distribuzioni. Funzione cumulativa. Trasformazioni di variabili. Funzioni di distribuzione con applicazione in Fisica (e.g. Binomiale, Poisson, esponenziale). La distribuzione di Gauss. Funzioni di variabili casuali e propagazione delle incertezze statistiche. Studio sperimentale delle distribuzioni. Campione statistico. Media e varianza campionarie. Teorema del limite centrale. La legge dei grandi numeri. Stima dei parametri di una distribuzione. Concetto d'intervallo di confidenza. Metodo dei minimi quadrati per la determinazione di andamenti funzionali. Esempi della media pesata e dell'andamento lineare. Cenni sul test del χ^2.</p> | | | |
| Attività di laboratorio | | | |
| <p>Sono previste una decina di esperienze di laboratorio per applicare le metodologie sperimentali studiate ad argomenti di meccanica e di termodinamica. Per la trattazione e analisi dei dati si privilegerà l'uso dei principali software commerciali. Dopo lo svolgimento delle prove, in laboratorio, è prevista la stesura di una relazione scritta.</p> | | | |
| Contents: | | | |
| Introduction to experimental physics | | | |
| <p>1) Physical quantities and their dimensions, 2) Units and Systems of Units, 3) Properties of measuring instruments. Measurements of time, distance and mass; 4) Concept of measurement uncertainty. Numerical representation and significant digits. Maximal and statistical uncertainties. Concept of mean and standard deviation. Systematic uncertainties. 5) Indirect measurements and propagation of uncertainties. 6) Graphical representation of experimental data. Logarithmic scales.</p> | | | |
| Introduction to statistical analysis of experimental data | | | |
| <p>1) Introduction to probability theory. Definitions and fundamental theorems. 2) Random variables. Distributions of random variables and their properties. Cumulative distribution. Transformation of variables. 3) Relevant distribution functions for Physics. The Gaussian distribution. 4) Functions of random variables. Propagation of statistical uncertainties. 5) Experimental study of random variables. Statistical samples. The sample mean and variance. The central limit theorem. The law of large numbers. 6) Estimation of distribution parameters. Concept of confidence interval and its probabilistic interpretation. 7) The method of least squares for fitting experimental data. The weighted average. The linear fit. 8) The χ^2 test</p> | | | |
| Experimental Activity | | | |
| <p>About ten experiments are foreseen to apply the experimental methodology to topics mainly from mechanics and thermodynamics. After each laboratory activity, the students should produce a written report.</p> | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: primo | |
| Prerequisiti: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari); - conoscenze di meccanica e termodinamica fornite dal corso di Meccanica e Termodinamica svolto in parallelo; - conoscenze operative di calcolo, quali tipicamente apprese nei corsi di Analisi I e Geometria svolti in parallelo; | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Prova pratica di laboratorio e colloquio orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| | | | |
|--|----------------|----------------------------------|------------------------------|
| Insegnamento: MECCANICA E TERMODINAMICA / MECHANICS AND THERMODYNAMICS | | | |
| SSD: FIS/01 | CFU: 15 | Lezione: 78 ore | Esercitazione: 42 ore |
| Tipologia attività formativa: Base | | Durata del corso: annuale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>1) Il corso fornirà allo studente competenze su osservazioni sperimentali e descrizione teorica dei fenomeni meccanici e termodinamici, necessarie al loro uso in Fisica.</p> <p>2) Il corso affronta i fenomeni meccanici relativi a punti e sistemi, e i fenomeni termodinamici concernenti fluidi e solidi. Al termine lo studente dovrà conoscere proprietà e formalismo dei sistemi meccanici e termodinamici, e aver sviluppato le capacità necessarie per applicare tali concetti alla risoluzione di problemi.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| Meccanica del punto e dei sistemi: | | | |
| Metodo scientifico: modello ed esperimento. Definizioni operative. Relazioni dimensionali e leggi di scala. Vettori. Punti materiali. Legge del moto. Traiettoria. Velocità. Accelerazione. Moti. Principio di relatività di Galileo. Sistemi di riferimento inerziali. Forza e quantità di moto. Leggi di Newton. Momento angolare. Momento di una forza. Forze apparenti. Gravitazione. Lavoro. Potenza. Energia cinetica. Forze conservative e non. Energia potenziale. Conservazione dell'energia. Equazioni cardinali. Centro di massa. Urti. Corpi rigidi. Momento d'inerzia. Assi liberi di rotazione. Moto di puro rotolamento. Statica dei corpi rigidi. | | | |
| Elementi di meccanica dei fluidi: | | | |
| Statica dei fluidi. Pressione. Legge di Stevino. Legge di Archimede. Elementi di dinamica dei fluidi. Relazione di Bernoulli. Fluidi reali. | | | |
| Termodinamica: | | | |
| Temperatura, equilibrio termico, termometri. Gas perfetti e reali. Lavoro. Calore. Primo principio della termodinamica. Energia interna. Calori specifici. Trasformazioni reversibili e irreversibili. Secondo principio della termodinamica. Macchine termiche. Rendimento. Ciclo di Carnot. Entropia. Interpretazione microscopica elementare dei fenomeni termici. Cenni di teoria cinetica dei gas. Equipartizione dell'energia. Contents: | | | |
| Mechanics | | | |
| The scientific method: model and experiment. Operational definition. Dimensional analysis and scale laws. Vectors. Point mass. Law of motion. Trajectory. Velocity. Acceleration. Types of motion. Galileo's relativity principle. Inertial reference frames. Momentum and force. Newton's Laws. Angular momentum. Torque. Fictitious (inertial) forces. Gravitation. Work. Power. Kinetic energy. Conservative and non-conservative forces. Potential energy. Conservation of energy. Dynamics of a system of particles. Centre of mass. Collisions. Rigid bodies. Moment of inertia. Rotation about a free axis. Pure rolling motion. Statics: equilibrium of rigid bodies. Mechanics of fluids Statics: fluids. Pressure. Stevin's law. Archimedes' law. Basics of fluid dynamics. Bernoulli's law. Real fluids. | | | |
| Thermodynamics | | | |
| Temperature, thermal equilibrium, thermometers. Ideal and real gas. Work. Heat. First law of thermodynamics. Internal energy. Specific heat. Reversible and irreversible transformations. The second law of thermodynamics. Heat engines. Efficiency. Carnot's cycle. Entropy. Microscopic interpretation of thermal phenomena. Elementary kinetic theory of gas. Equipartition of energy. | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: primo | |
| Prerequisiti: | | | |
| - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari); - conoscenze operative di calcolo, quali tipicamente apprese nei corso di Analisi I e Geometria svolti in parallelo. | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale. | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: ANALISI MATEMATICA 2 / MATHEMATICAL ANALYSIS 2 | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: MAT/05 | CFU: 9 | Lezione: 46 ore | Esercitazione: 35 ore |
| Tipologia attività formativa: Base | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>1) Il corso intende fornire allo studente gli strumenti atti a sviluppare la capacità di comprensione della struttura matematica dei problemi legati alla fisica e la capacità di analisi degli stessi attraverso un rigoroso apprendimento dei metodi matematici, indirizzato a far acquisire allo studente conoscenze e competenze matematiche ed a far sviluppare capacità applicative. 2) Il corso affronta problemi di ottimizzazione mediante l'uso del calcolo differenziale in più variabili, modellizzazioni mediante l'uso della teoria delle equazioni differenziali ordinarie, approssimazione di funzioni mediante serie di potenze ed infine affronta vari problemi di tipo geometrico e meccanico legati al calcolo integrale di più variabili. Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di aver fatte proprie le tematiche affrontate, mediante un uso corretto del metodo logico deduttivo, e di avere sviluppato capacità applicative risolvendo problemi legati agli argomenti trattati.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <p>Calcolo differenziale per funzioni di più variabili. Limiti, continuità, derivate parziali, gradiente, differenziabilità. Massimi e minimi per funzioni di due variabili. Integrazione secondo Riemann in \mathbf{R}^n. Insiemi di \mathbf{R}^n misurabili secondo Peano-Jordan. Successioni e serie di funzioni. Convergenza puntuale e uniforme, passaggio al limite sotto il segno di integrale e di derivata. Serie di potenze, serie di Taylor di una funzione. Equazioni differenziali. Equazioni differenziali in forma normale e problema di Cauchy, teoremi di esistenza e unicità locale e globale. Curve regolari. Integrali curvilinei e forme differenziali lineari. Formule di Gauss-Green. Superfici regolari e integrali di superficie. Teorema della divergenza e formula di Stokes. Funzioni implicite e Teorema del Dini, massimi e minimi vincolati.</p> | | | |
| Contents: | | | |
| <p>Differential Calculus for multivariable functions. Limits, continuity, partial derivatives, gradient, differentiability. Maxima and Minima of functions of two variables. Riemann Integral in \mathbf{R}^n. Peano-Jordan measure in \mathbf{R}^n. Sequence and series of functions. Pointwise and uniform convergence, passage of limit under integral sign and differentiation, Power series, Taylor series. Ordinary differential equations. Normal form of ordinary differential equations and Cauchy problem, local and global existence theorems. Regular curves. Line integrals and differential forms. Gauss-Green formulas. Regular surfaces and surface integrals. Divergence theorem and Stokes formula. Implicit functions and implicit function theorem, constrained maxima and minima.</p> | | | |
| Esami propedeutici: Analisi Matematica 1 | | Anno di corso: secondo | |
| Prerequisiti: | | | |
| - padroneggiare i contenuti del corso di Analisi Matematica 1 | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: : ELETTROMAGNETISMO / ELECTROMAGNETISM | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: FIS/01 | CFU: 9 | Lezione: 46 ore | Esercitazione: 26 ore |
| Tipologia attività formativa: Base | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>1) Il corso fornirà allo studente competenze su osservazioni sperimentali e descrizione teorica dei fenomeni elettromagnetici, necessarie al loro uso in Fisica.</p> <p>2) Il corso affronta i fenomeni elettromagnetici statici e dinamici e le loro applicazioni nel vuoto e nella materia. Al termine lo studente dovrà conoscere approfonditamente proprietà e formalismo dei campi elettromagnetici, e aver sviluppato le capacità necessarie per l'applicazione di tali concetti alla risoluzione di problemi.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <i>Elettrostatica e correnti stazionarie:</i> | | | |
| <p>Fenomeni d'interazione elettrica. Carica elettrica. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico. Campi generati da distribuzioni di carica. Potenziale elettrostatico, operatore gradiente. Energia elettrostatica. Densità di energia del campo elettrico. Dipolo elettrico. Forza e momento meccanico su dipolo. Flusso di un campo vettoriale. Legge di Gauss, divergenza e rotore del campo elettrico. Campo elettrico in presenza di conduttori. Induzione elettrostatica, matrice di capacità. Condensatore. Problema generale dell'elettrostatica. Equazioni di Laplace e di Poisson. Metodo delle cariche immagini. Campi elettrici nella materia, polarizzazione, spostamento elettrico, dielettrici lineari, modelli microscopici. Corrente elettrica. Interpretazione microscopica della corrente. Legge di Ohm. Legge di Joule. Generatore elettrico, forza elettromotrice, potenza. Leggi di Kirchoff. Circuito RC. <i>Magnetostatica:</i> Fenomeni d'interazione magnetica. Forza di Lorentz e campo magnetico. Moto di particella carica in campo magnetico. Forza su un conduttore percorso da corrente. Momento meccanico su una spira di corrente. Flusso del campo magnetico. Legge della circuitazione di Ampère. Potenziale vettore. Campo magnetico generato da correnti stazionarie. Il campo di una spira a grande distanza, dipolo magnetico. Mezzi magnetici: diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo.</p> | | | |
| <i>Elettrodinamica:</i> | | | |
| <p>Legge di Faraday. Auto e mutua induzione elettromagnetica. Circuito RL, circuito RLC. Energia del campo magnetico. Corrente di spostamento. Equazioni di Maxwell. Primi esempi di soluzione ondulatoria.</p> | | | |
| Contents: | | | |
| <i>Electrostatics and steady currents</i> | | | |
| <p>Electrical phenomena. Electric charge. Coulomb law. Superposition principle. Electric field. Fields generated by charge distributions. Electric potential, gradient operator. Electrostatic energy. Energy density of electric field. Electric dipole. Force and torque on a dipole. Flux of vector field. Gauss law, divergence and curl of electric field. Electric field in the presence of conductors. Electrostatic induction, capacitance matrix. Capacitor. General electrostatic problem. Laplace and Poisson equations. Method of images. Electric fields in matter, polarization, electric displacement, linear dielectrics, microscopic models. Electric current. Microscopic interpretation of the current. Ohm law. Joule law. Voltage source, electromotive force, power. Kirchoff's circuit laws. RC circuit. <i>Magnetostatics</i></p> <p>Magnetic interaction phenomena. Lorentz force and magnetic field. Charged particle motion in magnetic field. Force on current-carrying conductor. Torque on current loop. Flux of magnetic field. Ampère's circuital law. Vector potential. Magnetic field generated by stationary currents. Field of current loop at large distances, magnetic dipole. Magnetic media: diamagnetism, paramagnetism and ferromagnetism. <i>Electrodynamics</i></p> <p>Faraday's law. Self and mutual electromagnetic induction. RL and RLC circuits. Energy of magnetic fields. Displacement current. Maxwell's equations. First example of wave solution.</p> | | | |
| Esami propedeutici: Meccanica e Termodinamica | | Anno di corso: secondo | |
| Prerequisiti: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - conoscenze operative di calcolo differenziale e integrale, quali tipicamente apprese nel corso di Analisi I; - conoscenze operative di geometria e algebra lineare, quali tipicamente apprese nel corso di Geometria; - conoscenze delle equazioni differenziali e del calcolo integrale su domini multidimensionali (tale conoscenza viene fornita dal corso di Analisi II, svolto in parallelo). | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale. | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA 2 / PHYSICS LABORATORY COURSE 2 | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: FIS/01 | CFU: 9 | Lezione: 28 ore | Esercitazione: 66 ore |
| Tipologia attività formativa: Caratterizzante | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso fornirà le nozioni fondamentali sui circuiti e reti elettriche, mediante semplici esperimenti rivolti alla misura di grandezze fisiche caratterizzanti il fenomeno in esame per favorire il processo di apprendimento e migliorare la capacità di comprensione.</p> <p>Lo studente sarà guidato nella applicazione delle conoscenze, parteciperà in gruppi alle attività sperimentali per prendere confidenza con le metodologie utilizzate e per favorire le sue capacità critiche e di comunicazione nella interazione con i colleghi di gruppo. Al termine lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito familiarità nell'applicare i concetti dell'Elettromagnetismo alla risoluzione di problemi reali, di sapere affrontare un esperimento avendo ben chiari i passi necessari per una corretta esecuzione delle misure, curando l'analisi dei dati e la loro presentazione.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <i>Circuiti in corrente stazionaria</i> | | | |
| Corrente elettrica. Concetto di rete elettrica. Elementi circuitali e loro classificazione. Generatori elettrici. Principi di Kirchhoff. Metodi di risoluzione delle reti elettriche. Circuiti equivalenti di Thevenin e di Norton. Energetica dei circuiti. Strumentazione per corrente stazionaria: amperometro a bobina mobile, voltmetro analogico, tester digitale. Caratteristiche volt-amperometrico. Ponte di Wheatstone. Partitore di tensione. <i>Circuiti in corrente variabili</i> | | | |
| Correnti e tensioni variabili. Approssimazione quasi-stazionaria. Circuiti in corrente alternata. Metodo simbolico. Elementi circuitali in corrente alternata. Concetto di impedenza. Energetica in corrente alternata. Oscilloscopio. Simulazione dei circuiti elettrici. Circuiti RC, RL, LC, RLC e loro varianti. Circuiti in regime impulsivo. Linee di trasmissione dei segnali. Adattamento di impedenza e riflessione. Eccitazione sinusoidale delle linee. | | | |
| <i>Dispositivi a semiconduttori</i> | | | |
| Caratteristiche fisiche dei semiconduttori. Diodo a giunzione e suo uso come elemento circuitale. Transistor a semiconduttore. Il transistor come amplificatore | | | |
| Contents: | | | |
| <i>Steady current circuits</i> | | | |
| Electrical current. The concept of the electrical network. Elements of a circuit and their classification. Kirchoff's principles. The methods of nodes and meshes. Thévenin and Norton equivalent circuits. Energy in electrical circuits. Instrumentation for steady currents: analogical and digital voltmeters. The Wheastone bridge. | | | |
| <i>Variable current circuits</i> | | | |
| Variable currents and voltages. Quasi-stationary approximation. Periodic currents and voltages. Symbolic method in electricity. Elements of a circuit in alternating current. Impedance. Energy in alternating current. Oscilloscope. Simulation of electrical circuits. RC, RL, LC and RLC circuits. Transient and stationary states. Transmission lines. Impedance matching. Sinusoidal forcing of the lines. | | | |
| <i>Semiconductor devices</i> | | | |
| Physical properties of semiconductors. The junction diode and its use as a circuital element. The semiconductor transistor. The transistor as an amplifier. | | | |
| Esami propedeutici: Laboratorio di Fisica 1 | | Anno di corso: secondo | |
| Prerequisiti: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - conoscenze operative di calcolo, quali tipicamente apprese nei corso di Analisi I e Geometria; - conoscenze di elettromagnetismo fornite dal corso di Elettromagnetismo | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Valutazione relazioni in itinere, prove intercorso, prova pratica e colloquio finali. | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

Insegnamento: MECCANICA ANALITICA/ANALYTICAL MECHANICS

| | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: MAT/07 | CFU: 6 | Lezione: 32 ore | Esercitazione: 16 ore |
| Tipologia attività formativa: Affine | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Acquisizione di adeguate competenze nella formulazione matematica dei modelli impiegati nell'analisi dei sistemi meccanici discreti e continui. Alla fine del corso lo studente sarà capace di applicare le conoscenze e le competenze acquisite risolvendo semplici problemi legati agli argomenti trattati. | | | |
| Programma sintetico: Dinamica newtoniana. Cinematica e dinamica dei corpi rigidi. Equazioni di Eulero. Moti per inerzia. Solido libero. Analisi qualitativa delle equazioni differenziali. Stabilità degli equilibri. Analisi qualitativa di Weierstrass. Il metodo delle perturbazioni regolari. Dinamica lagrangiana. Le equazioni di Lagrange. Le equazioni di Lagrange per sollecitazioni conservative. Integrali primi nel formalismo lagrangiano. Simmetrie e integrali primi. Equilibrio, stabilità e piccole oscillazioni. Introduzione ai principi variazionali. Il principio di Hamilton. Dinamica hamiltoniana. Equazioni di Hamilton. Coordinate simplettiche. Parentesi di Poisson. Integrali primi e simmetrie. La teoria di Hamilton-Jacobi. Alcuni teoremi generali. Sistemi completamente integrabili. Variabili angolo-azione. Regole di selezione di Bohr- Sommerfeld. Cenni sulle perturbazioni hamiltoniane e sul teorema KAM. Introduzione alla meccanica dei continui. Contents: Newtonian Dynamics. Kinematics and dynamics of rigid bodies. Euler's equations. Free rotations. Free solid. Qualitative analysis of differential equations. Analysis of stability. Weierstrass' qualitative analysis. Poincare's perturbation method. Lagrangian Dynamics. Lagrange's equations. Lagrange's equations for conservative forces. First integrals. Symmetries and first integrals. Equilibrium, stability, and small oscillations. An introduction to variational principles. Hamilton's principle. Hamiltonian dynamics. Symplectic coordinates. Poisson brackets. First integrals and symmetries. The HamiltonJacobi theory. Some fundamental theorems. Completely integrable systems. Angle-action variables. Bohr-Sommerfeld quantization rules. A sketch of the Hamiltonian perturbation theory. Overview of KAM. Introduction to continuum mechanics. | | | |
| Esami propedeutici: Meccanica e Termodinamica, Analisi Matematica 1, Geometria | | Anno di corso: secondo | |
| Prerequisiti: - padroneggiare i contenuti del corso di Analisi 2 in particolare: 1) calcolo differenziale e integrale multidimensionale; 2) Curve e superfici; 3) Forme differenziali; 4) Funzioni implicite; 5) Equazioni differenziali ordinarie. | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| Insegnamento: METODI MATEMATICI DELLA FISICA / MATHEMATICAL METHODS OF PHYSICS | | | |
| SSD: FIS/02 | CFU: 9 | Lezione: 46 ore | Esercitazione: 26 ore |
| Tipologia attività formativa: Caratterizzante | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| Acquisizione di adeguate competenze sull'analisi delle funzioni a variabile complessa, sulle basi dell'analisi funzionale, sulla teoria degli operatori e sulle equazioni differenziali di particolare interesse fisico. Capacità di impostare e risolvere problemi matematici di origine fisica. | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| Analisi Complessa: | | | |
| Funzioni complesse di variabile complessa. Funzioni olomorfe. Condizioni di Cauchy –Riemann. Curve in aperti del piano complesso. Teorema Integrale di Cauchy. Funzioni analitiche. Teorema di Liouville. Serie di Laurent e classificazione delle singolarità isolate. Teorema dei residui. | | | |
| Spazi lineari complessi: | | | |
| Spazi di Hilbert. Algebra degli operatori lineari limitati. Teoria spettrale per operatori lineari in spazi di Hilbert di dimensione finita. Spazi di Hilbert delle funzioni a quadrato sommabile. Proprietà delle funzioni complesse di n variabili reali a quadrato sommabile. La convoluzione. Identità approssimate. Basi ortonormali. Polinomi di Legendre. Le base trigonometriche. | | | |
| Analisi di Fourier | | | |
| Serie di Fourier. Trasformata di Fourier. Lemma di Riemann-Lebesgue. Il teorema di Plancherel. Formula di inversione. Trasformata di Fourier di convoluzioni. Operatori di moltiplicazione e derivazione. Principio di indeterminazione di Heisenberg. | | | |
| Teoria delle Distribuzioni | | | |
| Spazio delle funzioni test. Funzioni generalizzate. Derivate di una distribuzione. Convoluzione di distribuzioni. Distribuzioni temperate. Teorema di Schwartz. Convoluzione di distribuzioni temperate. La trasformata di Fourier di distribuzioni temperate. | | | |
| Equazioni differenziali di interesse per la fisica | | | |
| L'equazione del calore, l'equazione delle onde, l'equazione di Laplace e l'equazione di Helmholtz. Soluzioni fondamentali delle equazioni differenziali alle derivate parziali di interesse fisico. | | | |
| Contents: | | | |
| Complex Analysis: | | | |
| Complex functions of a complex variable. Holomorphic functions. Cauchy-Riemann conditions. Curves in open sets of the complex plane. Cauchy's integral. Analytic functions. Liouville's theorem. Laurent's series and classification of isolated singularities. Residue theorem. Complex linear spaces | | | |
| Hilbert spaces. Algebras of bounded operators. Spectral theory in finite dimensions Hilbert spaces. Hilbert spaces of square integrable functions. Square integrable complex functions of n real variables. Convolution. Approximate identities. Orthonormal basis. Legendre polynomials. Trigonometric bases. Fourier analysis | | | |
| Fourier series. Fourier transform. Riemann-Lebesgue lemma. Plancherel's theorem. Inversion formula. Fourier transform of convolutions. Multiplication and derivation operators. Heisenberg uncertainty principle | | | |
| Distribution theory | | | |
| Spaces of test functions. Generalized functions. Derivative of a distribution. Convolution of distributions. Tempered distributions. Schwartz theorem. Convolution of tempered distributions. Fourier transform of tempered distributions. | | | |
| Differential equations of physical interest | | | |
| Heat equation, wave equation, Laplace's equation, Helmholtz equation. Fundamental solutions of the partial differential operators of physical interest. | | | |
| Esami propedeutici: Analisi Matematica 1, Geometria | | Anno di corso: secondo | |
| Prerequisiti: | | | |
| - padroneggiare i contenuti del corso di Analisi 2 in particolare: Algebra dei numeri complessi. Teoria spettrale per matrici n x n reali e complesse. Calcolo differenziale per funzioni di una e più variabili reali. Analisi vettoriale. | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o scritto. | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: ONDE E OTTICA CON LABORATORIO / WAVES AND OPTICS WITH LABORATORY | | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| SSD: FIS/01 | CFU: 9 | Lezione: 32 ore | Esercitazione: 18 ore | Laboratorio: 30 ore |
| Tipologia attività formativa: Base | | Durata del corso: semestrale | | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | | |
| <p>1) Il corso fornirà allo studente competenze su osservazioni sperimentali e descrizione teorica dei fenomeni ondulatori, meccanici ed elettromagnetici, e dell'ottica, necessarie al loro uso in Fisica. Al termine lo studente dovrà conoscere approfonditamente proprietà e formalismo dei fenomeni ondulatori e dell'ottica elementare, e aver sviluppato le capacità necessarie per l'applicazione di tali concetti alla risoluzione di problemi (parte di fenomenologia 6 CFU).</p> <p>2) Il corso è completato da una rilevante parte di laboratorio e mediante semplici esperimenti si favorisce il processo di apprendimento e si migliora la capacità di comprensione dei fenomeni studiati (parte di laboratorio 3 CFU).</p> | | | | |
| Programma sintetico: | | | | |
| <i>Fenomeni ondulatori generali:</i> | | | | |
| Richiami su fenomeni oscillatori. Oscillatori accoppiati e modi normali. Battimenti. Fenomeni ondulatori meccanici (corda tesa, onde elastiche, suono). Equazione di D'Alembert. Onde monocromatiche piane e sferiche. Onde dispersive. Pacchetti di onde, rappresentazione nel dominio delle frequenze, trasformata di Fourier, larghezza di banda. Velocità di gruppo. Sorgente locale di onde. Impedenza caratteristica, riflessione e rifrazione. Onde confinate spazialmente. Onde stazionarie e modi normali di risonatori. Effetto Doppler. | | | | |
| <i>Ottica fisica e fenomenologia dell'interazione radiazione-materia:</i> | | | | |
| Onde elettromagnetiche. Invarianza della velocità della luce. Introduzione alla relatività ristretta. Teorema di Poynting. Leggi di conservazione di energia e quantità di moto. Generazione delle onde elettromagnetiche. Radiazione emessa da cariche accelerate e dipolo oscillante. Riflessione e rifrazione della luce, derivazione elettromagnetica. Interferenza e diffrazione della luce e concetto di coerenza. Diffrazione alla Fraunhofer. Potere risolutivo. Polarizzazione della luce. Birifrangenza, dicroismo, legge di Malus, attività ottica e potere rotatorio. La diffusione della luce. Spettri di assorbimento e di emissione. Cenni sull'esistenza e le proprietà basilari dei fotoni. Il laser. | | | | |
| <i>Ottica geometrica:</i> | | | | |
| Leggi dell'ottica geometrica. Prisma rifrangente. Formazione delle immagini. Diottro. Sistemi ottici centrati. Cenni sulla struttura dell'occhio umano. Strumenti ottici semplici e composti. | | | | |
| Contents: | | | | |
| <i>General wave phenomena</i> | | | | |
| Recalls on oscillations. Coupled oscillators and normal modes. Beats. Mechanical waving phenomena (string, elastic waves, sound). D'Alembert equation. Plane and spherical monochromatic waves. Dispersive waves. Dispersive waves. Wave packets. Group velocity. Local sources. Characteristic impedance, reflection and refraction. Spatially confined waves. Stationary waves and normal modes. Doppler effect. | | | | |
| <i>Physical optics</i> | | | | |
| Electromagnetic waves. Invariance of the speed of light. Introduction to relativistic kinematics. Conservation laws of energy and momentum. Poynting vector. Emission of electromagnetic waves. Radiation emitted by accelerated charges. Reflection and refraction phenomena of the light. Interference and diffraction of light and the concept of coherence. Fraunhofer diffraction. Resolution power. Polarization of light. Malus' law. Optical activity and rotation power. Diffusion of light. Absorption and emission spectra. The black body. The photoelectric effect. Introduction to basic properties of photons. The laser. <i>Geometrical optics</i> | | | | |
| The laws of geometrical optics. The refractive prism. Formation of images. The centred optical systems. Outline of the human eye structure. Simple and complex optical instruments. | | | | |
| Esami propedeutici: Meccanica e termodinamica | | Anno di corso: secondo | | |
| Prerequisiti: | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti dei corsi di Analisi Matematica 1 e Geometria; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo; - conoscenze delle equazioni differenziali e del calcolo integrale su domini multidimensionali, quali tipicamente apprese nel corso di Analisi 2. | | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale. | | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | | |

| | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| Insegnamento: ELEMENTI DI FISICA DELLA MATERIA / ELEMENTS OF MATTER PHYSICS | | | |
| SSD: FIS/03 | CFU: 9 | Lezione: 46 ore | Esercitazione: 26 ore |
| Tipologia attività formativa: Caratterizzante | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il principale obiettivo è acquisire informazioni sulla struttura della materia dalla fisica atomica fino alla materia condensata. Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di conoscere le principali proprietà fisiche degli atomi, di semplici molecole e solidi elementari. Di essere in grado di applicare il formalismo ed i concetti della meccanica quantistica e della fisica statistica alla risoluzione di problemi di Fisica della Materia, di sapere affrontare il calcolo numerico di grandezze fisiche misurabili formulando ipotesi e approssimazioni e verificando che le approssimazioni adottate siano coerenti ed appropriate al fenomeno ed alle proprietà che si volevano studiare.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <i>Introduzione alla fisica statistica:</i> | | | |
| <p>Richiami di Termodinamica. Postulati della Meccanica Statistica. Insieme micro-canonico e canonico, equilibrio termico, funzione di partizione, connessioni con la termodinamica. Fluttuazioni dell'energia: statistica di Maxwell-Boltzmann, statistiche di Bose-Einstein e Fermi-Dirac. Applicazioni al calcolo dei calori specifici nei gas e nei materiali.</p> | | | |
| <p>Atomi a molti elettroni: Particelle identiche in meccanica quantistica: simmetrie di scambio. Atomo di Elio: stato fondamentale e stati eccitati. Cenni sul metodo autoconsistente di Hartree-Fock. Oltre il campo autoconsistente: teoria dei multipletti.</p> | | | |
| <i>Interazione di un atomo con la radiazione elettromagnetica:</i> | | | |
| <p>Approccio semiclassico e teoria delle perturbazioni. Approssimazione di dipolo elettrico, magnetico e quadrupolo elettrico per un atomo idrogenoide: regole di selezione. Emissione spontanea: approccio statistico di Einstein e sue applicazioni. Interazione radiazione materia non risonante. Effetto fotoelettrico. Assorbimento ed emissione di raggi X: fluorescenza.</p> | | | |
| <i>Molecole:</i> | | | |
| <p>Proprietà delle molecole: Approssimazione di Born-Oppenheimer. Calcolo degli stati elettronici della molecola di idrogeno in approssimazione di Born-Oppenheimer. Orbitali molecolari ed approssimazione di Heitler-London. Legame ionico e covalente. Molecole biatomiche: simmetrie e proprietà. Spettri elettronici, vibrazionali e rotazionali di molecole biatomiche. Cenni sulle proprietà elettroniche e vibrazionali di semplici molecole a molti atomi.</p> | | | |
| <i>Cenni su alcune proprietà dei solidi:</i> | | | |
| <p>Elettroni in un potenziale periodico unidimensionale: stati di Bloch. Metalli ed isolanti di banda. Cenni di trasporto nei metalli (tempo di rilassamento). Cenni sui fononi.</p> | | | |
| Contents: | | | |
| <i>Introduction to statistical physics:</i> | | | |
| <p>Recalls of thermodynamics. Postulates of statistical mechanics. Micro-canonical and canonical ensembles, thermal equilibrium, partition function, connections with thermodynamics. Energy fluctuations: Maxwell-Boltzmann, Bose-Einstein and Fermi-Dirac statistics. Application to the evaluation of specific heats in gas and solids.</p> | | | |
| <i>Many-Electron atoms:</i> | | | |
| <p>Identical particles: exchange symmetry. He atom: ground and excited states. Self-consistent Hartree-Fock approach. Beyond the mean-field: multiplets. Relativistic and magnetic corrections. <i>Interaction of an atom with radiation:</i></p> | | | |
| <p>Semi-classical theory of light-matter interaction and perturbation theory. Selection rules within electrical and magnetic dipole and electric quadrupole approximations. Einstein argument for spontaneous emission. Photoelectric effect. X-ray fluorescence and elemental analysis. LASER principles. <i>Molecules:</i></p> | | | |
| <p>Born-Oppenheimer approximation. Ground state electron wave-functions for a Hydrogen molecule. Molecular orbitals and Heitler-London approximation. Ionic and covalent chemical bonds. Symmetries of bi-atomic molecules. Vibrational and rotational spectra of bi- and poly-atomic molecules.</p> | | | |
| <i>Elementary introduction to solids:</i> | | | |
| <p>Periodic potential and Bloch states. Metals and band insulators. Semi-classical approach to electron transport in simple metals (relaxation time). Normal modes of simple lattices: phonons. Phonon and electron contributions to specific heat.</p> | | | |
| Esami propedeutici: Elettromagnetismo, Onde e Ottica | | Anno di corso: terzo | |
| Prerequisiti: | | | |
| <p>- padroneggiare i contenuti del corso di Istituzioni di Meccanica quantistica, in particolare: i) spettro ed autofunzioni del rotatore rigido; ii) spettro ed autofunzioni dell' atomo di Idrogeno; iii) teoria delle perturbazioni per stati degeneri e non; iv) teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo (primo ordine); v) somma di momenti angolari.</p> | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale. | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: ISTITUZIONI DI MECCANICA QUANTISTICA / PRINCIPLES OF QUANTUM MECHANICS | | | |
|---|----------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: FIS/02 | CFU: 12 | Lezione: 62 ore | Esercitazione: 34 ore |
| Tipologia attività formativa: Caratterizzante | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| Acquisizione di adeguate competenze sulle basi della meccanica quantistica e sulla sua formalizzazione. Alla fine del corso lo studente sarà capace di applicare le conoscenze e le competenze acquisite risolvendo semplici problemi legati agli argomenti trattati. | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| Fondamenti osservativi della Meccanica Quantistica La radiazione di corpo nero; l'effetto fotoelettrico; l'effetto Compton; il comportamento particellare della radiazione; lo spettro atomico e le ipotesi di Bohr; l'esperimento di Franck e Hertz; il comportamento ondulatorio e l'esperimento di Bragg; l'esperimento di Davisson e Germer; fenomeni di interferenza tra particelle materiali. | | | |
| La formulazione alla Schrödinger e gli aspetti probabilistici | | | |
| Dalla meccanica classica alla meccanica ondulatoria; distribuzioni di probabilità e vettori dello spazio di Hilbert; relazione di indeterminazione tra posizione e momento; proprietà di trasformazione delle funzioni d'onda; rappresentazione di Heisenberg; stati quantistici nella rappresentazione di Heisenberg; formalismo alla Dirac. Soluzioni delle equazioni del moto Funzione di Green dell'equazione di Schrödinger, integrazione delle equazioni del moto nella rappresentazione di Heisenberg – l'oscillatore armonico. | | | |
| Applicazioni elementari | | | |
| Problemi uno-dimensionali; condizioni al bordo per particelle confinate da potenziali; coefficienti di riflessione e trasmissione; potenziali a gradino; effetto Tunnel; oscillatore armonico unidimensionale; l'equazione di Schrödinger per un potenziale centrale; l'atomo d'idrogeno, l'oscillatore armonico isotropo in due e tre dimensioni; la trattazione algebrica dell'oscillatore armonico; considerazioni generali su oscillatore armonico e stati coerenti. | | | |
| Lo spin L'esperimento di Stern–Gerlach e lo spin dell'elettrone; la funzione d'onda con lo spin; la somma di momenti angolari. | | | |
| Simmetrie in meccanica quantistica | | | |
| Il significato di simmetria; cambi di sistemi di riferimento e corrispondenti simmetrie in meccanica quantistica; rototraslazioni; traslazioni temporali; riflessioni spaziali; l'inversione temporale. Teoria delle Perturbazioni | | | |
| Approssimazione degli autovalori ed autovettori dell'operatore Hamiltoniano; effetto Stark e Zeeman; formalismo dipendente dal tempo. | | | |
| Contents: | | | |
| Experimental foundations of quantum theory: | | | |
| The black-body radiation; Photoelectric effect; Compton effect; the particle-like behaviour of radiation; atomic spectra and the Bohr hypotheses; the experiment of Franck and Hertz; wave-like behaviour and the Bragg experiment; the experiment of Davisson and Germer; the interference phenomena among material particles. | | | |
| Schrödinger picture and probabilistic aspects | | | |
| From classical to wave mechanics; probability distributions associated with vectors in Hilbert spaces; uncertainty relations for position and momentum; transformation properties of wave functions; the Heisenberg picture; quantum states in the Heisenberg picture; the Dirac formalism. | | | |
| Integrating the equations of motion | | | |
| Green kernel of the Schrödinger equation, integrating the equations of motion in the Heisenberg picture - the harmonic oscillator. | | | |
| Elementary applications | | | |
| One-dimensional problems; boundary conditions for particle confined by a potential; reflection and transmission coefficients; step-like potentials; tunnelling effect; the one-dimensional harmonic oscillator; the Schrödinger equation in a central potential; the Hydrogen atom; the isotropic harmonic oscillator in two and three dimensions; the algebraic treatment of harmonic oscillator; general considerations on harmonic oscillators and coherent states. | | | |
| Introduction to spin | | | |
| The Stern–Gerlach experiment and electron spin; wave functions with spin; addition of angular momenta. | | | |
| Symmetries in quantum mechanics | | | |
| The meaning of symmetry; transformations of frames and corresponding quantum symmetries; rototranslations; time translation; spatial reflection; time reversal. Perturbation theory | | | |
| The approximation of eigenvalues and eigenvectors of Hamiltonian operator; Stark and Zeeman effects; Time-dependent formalism. | | | |
| Esami propedeutici: Elettromagnetismo, Onde e Ottica | | Anno di corso: terzo | |
| Prerequisiti: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti del corso di Geometria in particolare l'algebra delle matrici; - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica Analitica; - padroneggiare alcuni contenuti del corso di Metodi Matematici della Fisica, in particolare: elementi di equazioni differenziali alle derivate parziali e loro soluzioni, ed elementi di analisi funzionale; | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA 3 / P[HYISICS LABORATORY COURSE 3 | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: FIS/01 | CFU: 9 | Lezione: 28 ore | Esercitazione: 66 ore |
| Tipologia attività formativa: Caratterizzante | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso intende fornire agli studenti le conoscenze relative ai transistor bipolari e unipolari ed ai circuiti di base della elettronica analogica (amplificatori, amplificatori con reazione, amplificatori operazionali) e digitale (analisi e sintesi di funzioni combinatorie e circuiti sequenziali, con particolare riferimento a semplici sistemi di controllo) di uso comune nella strumentazione di misura, introdotti in modo funzionale alla progettazione di un sistema di acquisizione. Il corso si propone anche di familiarizzare lo studente con la strumentazione digitale di nuova generazione nel dominio del tempo e della frequenza (oscilloscopi digitali, ADC, analizzatori di spettro e vettoriali), con cenni ai temi di grounding, shielding ed ai principali sistemi attivi di riduzione del rumore. Laddove possibile, gli argomenti trattati saranno anche illustrati con l'impiego di programmi di simulazione e di analisi numerica.</p> <p>Saranno inoltre introdotti sensori e rivelatori di impiego generale di cui si studieranno le caratteristiche e le tecniche di lettura ed interfacciamento. L'attività di laboratorio svilupperà le capacità applicative dello studente nel progettare e realizzare circuiti elettronici orientati alla misura di grandezze fisiche, accrescendo la sua capacità di apprendimento e il grado di autonomia nell'operare e nella valutazione dei risultati delle esperienze effettuate.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| Dispositivi a semiconduttore: | | | |
| Transistor bipolari e JFET. Caratteristiche di ingresso e di uscita. Circuito di polarizzazione. Modelli lineari del transistor. Amplificatori. Risposta in frequenza degli amplificatori. Circuiti digitali: | | | |
| Sistema di numerazione binario. Algebra booleana e operatori logici. Sintesi di funzioni combinatorie. Sintesi di circuiti sequenziali orientati al controllo: automi a stati finiti. | | | |
| Amplificatori operazionali: | | | |
| Amplificatori con reazione. Amplificatore operazionale. Applicazioni lineari e non lineari degli operazionali. Amplificatori di tensione, corrente e trans-impedenza Tecniche e strumentazione di misura: | | | |
| Cenni sul rumore nei dispositivi e nei circuiti elettronici. Tecniche di schermatura attive e passive. Strumentazione di misura nel dominio del tempo e della frequenza (oscilloscopi digitali, analizzatori di spettro e vettoriali). Convertitori ADC e DAC: principi di funzionamento e principali figure di merito. Sensori e rivelatori: | | | |
| Sensori e rivelatori di impiego generale di cui si studieranno le caratteristiche e le tecniche di lettura ed interfacciamento. Attività di Laboratorio: Lo scopo di tale attività è duplice: da una parte completare e approfondire gli argomenti trattati nelle lezioni frontali; dall'altra, valorizzare e contestualizzare le competenze acquisite, applicandole ad una misura effettuata con un sensore studiato. Il corso si propone quindi di costruire con il laboratorio un percorso sperimentale e strumentale che metta in condizione lo studente di affrontare la caratterizzazione e la lettura di un sensore con i circuiti, gli strumenti e le tecniche studiate. | | | |
| Contents: | | | |
| Semiconductor devices: | | | |
| Bipolar Transistors and JFET. Input-Output characteristics. The polarization circuit. Linear models for the transistor. Amplifiers. Frequency response of the amplifiers. Digital circuits: | | | |
| Binary numbering system. Boolean algebra and logical operators. Combinatorial functions. Finite state machines Operational amplifiers: | | | |
| Amplifiers with feedback. Operational amplifier. Linear and non linear applications of operational amplifiers. Voltage, current and trans-impedance amplifiers. | | | |
| Techniques and instrumentation for measurements: | | | |
| Introduction to noise in electronic circuits and devices. Active and passive techniques for shielding. Instrumentation for measurements in time or frequency domains. ADC and DAC converters. | | | |
| Sensors and detectors: | | | |
| Sensors and detectors of general use. Input-Output characteristics and interconnections. | | | |
| Esami propedeutici: Laboratorio di Fisica 2 | | Anno di corso: terzo | |
| Prerequisiti: | | | |
| - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica; | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e prova pratica. | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| Insegnamento: METODI COMPUTAZIONALI IN FISICA/ COMPUTATIONAL METHODS IN PHYSICS | | | |
| SSD: FIS/02 | CFU: 6 | Lezione: 25 ore | Esercitazione: 42 ore |
| Tipologia attività formativa: Caratterizzante | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso intende fornire allo studente la capacità di affrontare e risolvere un problema fisico reale la cui soluzione si può ottenere con metodi numerico-computazionali. Particolare attenzione viene posta sulla scelta e realizzazione degli algoritmi più appropriati alla soluzione dei diversi problemi</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <p>Verranno trattati alcuni problemi in diversi ambiti della fisica, come per esempio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - i sistemi dinamici (sistemi di equazioni differenziali ordinarie accoppiate non lineari). Un possibile campo di applicazione fisico è la meccanica (e.g. simulazione di orbite planetarie, simulazioni di astronautica, simulazione di modelli atmosferici o di sistemi caotici, simulazioni di dinamica molecolare); - i campi statici (equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo ellittico). Un possibile campo di applicazione fisico è l'elettromagnetismo statico (e.g. determinazione del potenziale elettrico di sistemi fisici con geometria complessa, determinazione del campo per ottiche magnetiche complesse); - le onde (equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo iperbolico o parabolico). Fra i possibili campi di applicazione fisica: elettromagnetismo dinamico, meccanica quantistica (e.g. simulazione di propagazione di un solitone, simulazione di propagazione ottica, simulazione di processi quantistici 1D); - processi casuali. Fra i possibili campi di applicazione fisica: meccanica statistica, fisica nucleare e subnucleare (e.g. simulazioni Montecarlo di sistemi di spin, simulazione di reazioni nucleari e sciami subnucleari). <p>Ogni argomento verrà sviluppato con la realizzazione di un programma numerico, sfruttando i framework dei principali software scientifici con particolare riferimento a quelli disponibili gratuitamente o grazie a particolari convenzioni dell'Ateneo.</p> | | | |
| Contents: | | | |
| <p>Several problems in different physics topics will be analysed, for instance:</p> <ul style="list-style-type: none"> - the dynamical systems (non linear coupled differential equation). A possible field of application in physics is the mechanics (e.g. simulation of planetary orbits, atmospheric models, chaotic systems or molecular dynamics); - the static fields (elliptical partial differential equation). A possible field of application in physics is the static electromagnetism (e.g. electrical potential of complex geometrical systems, determination of the magnetic field for complex optics); - the waves (hyperbolic or parabolic partial differential equations). Possible fields of application in physics are electrostatics and quantum mechanics (e.g. simulation of soliton and optical propagations, quantum process in 1D); - the random process. Possible fields of application in physics are statistical mechanics, nuclear and particle physics (e.g. Montecarlo simulations of spin systems, simulations of nuclear reactions and particle showers). <p>Each topics will be developed with the implementation of the numerical computation, using the main scientific software.</p> | | | |
| Esami propedeutici: Informatica, Elettromagnetismo, Onde e Ottica con laboratorio | | Anno di corso: terzo | |
| Prerequisiti: | | | |
| - padroneggiare la programmazione in un linguaggio avanzato come da propedeuticità del corso di Informatica | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Prova pratica e/o orale. | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| | | | |
|--|--------|-------------------------------------|-----------------------|
| Insegnamento: RELATIVITA', NUCLEI E PARTICELLE/ RELATIVITY, NUCLEAR AND PARTICEL PHYSICS | | | |
| SSD: FIS/04 | CFU: 9 | Lezione: 46 ore | Esercitazione: 26 ore |
| Tipologia attività formativa: Caratterizzante | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| Il corso intende fornire allo studente adeguata conoscenza e capacità di comprensione delle basi della fisica del nucleo e delle particelle elementari. | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| Elementi di relatività ristretta: | | | |
| Invarianza delle leggi fisiche nei riferimenti inerziali. Esperimento di Michelson-Morley e l'invarianza della velocità della luce. Postulati della relatività ristretta. Cinematica relativistica. Dinamica relativistica. Relazione massa e energia. Leggi di conservazione di energia e quantità di moto. L'effetto Compton. Quadrivettori e spazio di Minkowsky. Covarianza delle leggi dell'elettromagnetismo. | | | |
| Metodologie di indagine della fisica nucleare e subnucleare: | | | |
| Fasci e acceleratori di particelle. Esperimenti a bersaglio fisso e collider. Principali rivelatori di radiazioni. Reazioni e misura delle sezioni d'urto. Particelle instabili. Ampiezze di decadimento e risonanze. Misura delle masse invarianti. Misura delle vite medie. | | | |
| Elementi di fisica del nucleo: Il nucleo atomico. Sezione d'urto di Rutherford. Dimensioni nucleari. Massa ed energia di legame. Parità. Modelli nucleari: a goccia liquida, a gas di Fermi, a shell a particella singola. Leggi del decadimento radioattivo. Radioattività alfa, beta, gamma. La forza nucleare. Reazioni nucleari. Fissione spontanea e fissione indotta. Fusione termonucleare. Nucleo sintesi ed evoluzione stellare. | | | |
| Elementi di fisica delle particelle elementari: | | | |
| Classificazione fenomenologica: leptoni, adroni, bosoni. Particelle e antiparticelle. Simmetrie e leggi di conservazione: parità, coniugazione di carica, inversione temporale. Numeri quantici. Interazioni fra le particelle. Raggio di azione delle interazioni. Interazione elettromagnetica. Interazione forte: barioni, mesoni e modello a quark. Interazione debole. Il neutrino. Cenni sull'unificazione elettrodebole e il bosone di Higgs. Problemi aperti della fisica delle particelle | | | |
| Contents: | | | |
| Introduction to special relativity: | | | |
| Invariance of the physics law in inertial frames. The Michelson-Morley experiment and the invariance of the speed of light. The postulates of special relativity. Relativistic kinematics. Relativistic dynamics. Relation between mass and energy. Conservation laws of momentum and energy. The Compton effect. The four vectors and the Minkowsky space. Covariance of the laws of electromagnetism. | | | |
| Experimental methods in nuclear and particle physics: | | | |
| Beams and accelerators of particles. Fixed target and collider experiments. Radiation detectors. Reactions and measurement of cross-sections. Unstable particles. Decay amplitudes and resonances. Invariant mass measurements. Lifetime measurements. | | | |
| Introduction to nuclear physics: | | | |
| The atomic nucleus. The Rutherford cross section. Nuclear dimensions. Mass and binding energy. Parity. Nuclear models: the liquid drop, the Fermi gas, the shell. The laws of radioactive decays. Alfa, beta and gamma radioactivity. The nuclear force. Nuclear reactions. Spontaneous and induced fissions. Thermonuclear fusion. Nucleosynthesis and stellar evolution. | | | |
| Introduction to particle physics: | | | |
| Phenomenological classification: leptons, hadrons, bosons. Particles and antiparticles. Symmetries and conservation laws: parity, charge conjugation, time reversal. Quantum numbers. Particle interactions. Range of interaction. Electromagnetic interaction. Strong interaction: baryons, mesons and the quark model. Weak interaction. The neutrino. Introduction to electroweak unification and the Higgs boson. Open problems in particle physics. | | | |
| Esami propedeutici: Elettromagnetismo, Onde e Ottica | | Anno di corso: Terzo | |
| Prerequisiti: | | | |
| - concetti generali di struttura atomica e chimica generale; - padroneggiare i contenuti del corso di Istituzioni di Meccanica quantistica, in particolare: | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale. | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

Insegnamento: ANALISI STATISTICA DEI DATI SPERIMENTALI/STATISTICAL ANALYSIS OF EXPERIMENTAL DATA

| | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|--------------------------|
| SSD: FIS/01 | CFU: 6 | Lezione: 32 ore | Esercitazione: 20 |
| Tipologia attività formativa: Scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| <p>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Il corso intende fornire agli studenti una conoscenza più approfondita delle tecniche statistiche di analisi dei dati sperimentali. In particolare si svilupperanno i diversi aspetti della teoria della probabilità e dell'inferenza statistica ad un livello sufficientemente avanzato. Di particolare importanza saranno le esercitazioni nelle quali si useranno, sia per l'analisi che la simulazione, software specialistici di ambito statistico. Alla fine del corso lo studente dovrebbe essere in grado di condurre un'analisi statistica elaborata su un campione di dati osservati o simulati.</p> | | | |
| <p>Programma sintetico: Elementi di teoria della probabilità Definizioni di probabilità. Proprietà e teoremi fondamentali. Elementi di calcolo combinatorio. Dipendenza stocastica e probabilità condizionata. Teorema di Bayes e sue implicazioni. Variabili aleatorie Variabili aleatorie discrete e continue. Distribuzioni di variabili casuali e loro caratteristiche. Funzione cumulativa. Variabili multidimensionale. Covarianza e correlazione. Trasformazioni di variabili. Funzioni di variabili casuali e propagazione delle incertezze statistiche. Funzione caratteristica. Modelli di variabili casuali di interesse per la fisica Processi bernoulliani e corrispondenti distribuzioni: binomiale, geometrica, multinomiale, ipergeometrica. La distribuzione di Poisson. Le distribuzioni continue: uniforme, esponenziale e Cauchy. La distribuzione di Gauss. La distribuzione multi-normale. Le distribuzioni inferenziali del χ^2, di Student e di Fisher. Generazione delle variabili casuali e metodi di simulazione. Il problema dell'inferenza statistica Studio sperimentale delle distribuzioni. Campione statistico. Statistiche campionarie. Media aritmetica, varianza campionaria e loro distribuzioni. La legge dei grandi numeri. Teorema del limite centrale. Stima dei parametri delle distribuzioni Proprietà degli stimatori. Metodo della massima verosimiglianza e sue applicazioni alle distribuzioni semplici. Stima dell'intervallo di variabilità dei parametri. Metodo degli intervalli di confidenza . Test delle ipotesi Test statistici. Ipotesi nulla e alternative. Livello di significatività e potenza dei test. Test non parametrici. Principali statistiche di test. Test del χ^2. Test del rapporto di verosimiglianza e lemma di Neyman-Pearson. Stima dei parametri delle leggi fisiche Metodo dei minimi quadrati. Il caso lineare: la media pesata, l'andamento rettilineo e formalismo generale del caso multidimensionale. Relazione con la massima verosimiglianza. Caso generale e metodi di linearizzazione. Valutazione della qualità dei fit. Coefficiente R^2. Applicazione del test del χ^2 al metodo dei minimi quadrati. Contents Introduction to probability theory Definitions of probability. Properties and fundamental theorems. Combinatorics. Stochastic dependence and the conditional probability. The Bayes theorem and its implications. Random variables Random variables. Discrete and continuous variables. Distributions of random variables and their characteristics. Cumulative distribution. Multidimensional variables. Covariance and correlation. Transformation of variables. Functions of random variables and propagation of the statistical uncertainty. Characteristic function. Distributions of interest for physics The Bernoulli process and related distributions: binomial, geometric, multinomial and ipergeometric. The Poisson distribution. Continuous distribution functions: uniform, exponential and Cauchy. The Gaussian distribution. The multinormal distribution. The inference variables: the distributions of χ^2, Student and Fisher. Generation of random variables and simulation methods. The problem of the statistical inference Experimental study of distribution. Statistical samples. Statistics sampling. The arithmetic mean, the variance and their distributions. The law of large numbers. The central limit theorem. Estimation of the distribution parameters Properties of estimators. The maximum likelihood method and its applications. Interval estimation of parameters. The method of confidence intervals. Hypothesis testing Statistical tests. Null and alternative hypothesis. Significance level and power of tests. Non parametric tests. Principal test statistics. The χ^2 test. The likelihood ratio test and the Neyman-Pearson lemma. Estimation of the parameters of the physics laws The least squares method. The linear case: the weighted average, the straight line and the general formalism for the multidimensional case. Relation with the maximum likelihood method. The general case and linearization methods. Evaluation of the fit goodness. The R^2 coefficient. Application of the χ^2 test to the least squares method.</p> | | | |
| Esami propedeutici nessuno | | Anno di corso: secondo | |
| <p>Prerequisiti: - padroneggiare i contenuti dei corsi di Analisi Matematica 1 e 2, Geometria; - padroneggiare i contenuti dei corsi di Laboratorio di Fisica 1 e 2</p> | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: CHIMICA FISICA APPLICATA/ APPLIED CHEMICAL PHYSICS | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: CHIM/02 | CFU: 6 | Lezione: 30 ore | Esercitazione: 18 ore |
| Tipologia attività formativa: scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso propone diversi concetti di base della chimica-fisica e la loro applicazione a tematiche generali quali la reattività fotocatalisi e la conversione di energia, con particolare attenzione a materiali e dispositivi tecnologici.</p> <p>Al termine del corso lo studente sarà in grado di individuare le relazioni tra le proprietà strutturali ed elettroniche e il funzionamento di sistemi molecolari complessi e di materiali eterogenei funzionali. Sarà inoltre in grado di sviluppare le conoscenze critiche per la simulazione e il design di nuovi materiali a partire dal calcolo delle loro proprietà chimicofisiche. Il corso prevede delle esperienze obbligatorie di laboratorio computazionale</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| - Introduzione | | | |
| Il ruolo della chimica fisica nelle scienze e tecnologie moderne. Molecole, Materiali e Dispositivi. Il paradigma della conversione dell'energia e dell'efficienza energetica. - Elementi di chimica computazionale | | | |
| Teoria, modello e simulazione. Meccanica molecolare e simulazione di sistemi molecolari complessi. Metodi ab initio e calcolo di proprietà elettroniche in molecole e materiali solidi estesi. - Cinetica chimica e catalisi | | | |
| Richiami di termodinamica chimica. Introduzione alla cinetica chimica. Metodi sperimentali e teorici per lo studio delle reattività chimica. Teoria dello stato stazionario. Catalisi omogenea ed eterogenea. Elettrocatalisi. | | | |
| - Chimica fisica delle energie rinnovabili | | | |
| Lo scenario attuale delle tecnologie rinnovabili. Energia solare: tecnologie fotovoltaiche di terza generazione, celle foto-elettrochimiche per la produzione di idrogeno molecolare e per la riduzione di CO ₂ . Celle a combustibile: processi agli elettrodi, trasporto di carica e di massa in materiali polimerici e ceramici innovativi. Batterie e accumulatori: batterie al litio-ione, litio-zolfo e al sodio-ione, limiti dei dispositivi attuali e sfide tecnologiche. | | | |
| Contents | | | |
| - Introduction | | | |
| The role of Physical Chemistry in modern Science and Technology. Molecules, Materials, Devices. The paradigm of energy conversion and efficiency. - Basics of computational chemistry | | | |
| Theory, models and simulations. Molecular mechanics and modeling of complex molecular systems. Ab initio methods and calculation of electronic properties of molecules and extended solid materials. - Chemical kinetics and catalysis | | | |
| Brief review of chemical thermodynamics. Introduction to chemical kinetics. Experimental and theoretical methods for the study of chemical reactivity. Steady-state theory. Homogeneous and heterogeneous catalysis. Electrocatalysis. | | | |
| - Physical Chemistry of renewable energies | | | |
| Current scenario of renewable energy technologies. Solar energy: third-generation photovoltaics, photoelectrochemical cells for hydrogen production and CO ₂ reduction. Fuel cells: processes at the electrodes, charge and mass transport in state-of-the-art polymeric and ceramic materials. Batteries and (super)capacitors: Li-ion, Li-S and Na-ion batteries, limits of current devices and technological challenges. | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: secondo | |
| Prerequisiti: | | | |
| - padroneggiare i contenuti dei corsi di Meccanica e Termodinamica ed Elettromagnetismo; | | | |
| - padroneggiare i contenuti del corso di Chimica. | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: esame orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento INTELLIGENZA COMPUTAZIONALE/ COMPUTATIONAL INTELLIGENCE | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: INF/01 | CFU: 6 | Lezione: 20 ore | Esercitazione: 28 ore |
| Tipologia attività formativa: Scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso ha come obiettivo quello di fornire le basi teoriche e pratiche per la comprensione e realizzazione di algoritmi in grado di simulare le funzioni di organismi viventi e, in particolare, del cervello umano con particolare attenzione ai processi di apprendimento automatico, ottimizzazione evolutiva e ragionamento approssimato.</p> <p>Al termine del corso, lo studente sarà in grado di progettare sistemi basati su tecniche di intelligenza computazionale, implementare algoritmi per l'apprendimento automatico, l'ottimizzazione e il ragionamento approssimato con possibili applicazioni in diversi campi tra cui la robotica.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <p>Introduzione all'Intelligenza Computazionale. Tecniche di intelligenza computazionale</p> <ul style="list-style-type: none"> • Algoritmi evolutivi: la principale metafora del calcolo evolutivo; algoritmi genetici; evoluzione differenziale; ottimizzazione dello sciame di particelle; ottimizzazione degli iperparametri; misure del rendimento; • Reti neurali: Deep Learning dalle origini, Perceptron, Neurone Sigmoidale, Multilayer Perceptron, Network learning, Discesa del Gradiente, Discesa Stocastica del Gradiente, Backpropagation; Reti Neurali Convoluzionali profonde; Generative Adversarial Network; Evolutionary Adversarial Networks • <i>Logica fuzzy: teoria della logica fuzzy; controller logici fuzzy (opzionale)</i> • <i>Sistemi per il controllo di Interfacce Robotiche (opzionale)</i> <p>Linguaggio Python</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nozioni di base su Python: variabili, operatori, tipi di dati, tipi di sequenza, istruzioni condizionali e iterative, funzioni, classi, attributi, metodi e oggetti. • Moduli Python: DEAP, scikit-learn, matplotlib, pandas, numpy, tensorflow. | | | |
| Contents: | | | |
| <p>Introduction to Computational Intelligence. Computational intelligence techniques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evolutionary algorithms: the main metaphor of evolutionary calculus; genetic algorithms; differential evolution; particle swarm optimization; hyperparameter optimization; performance measures; • Neural networks: Deep Learning from the origins, Perceptron, Sigmoid Neuron, Multilayer Perceptron, Network learning, Gradient Descent, Stochastic Gradient Descent, Backpropagation; Deep Convolutional Neural Networks; Generative Adversarial Network; Networks of the evolutionary contradictory • Fuzzy logic: theory of fuzzy logic; fuzzy logic controllers (optional) <p>Python language</p> <ul style="list-style-type: none"> • Python basics: variables, operators, data types, sequence types, conditional and iterative statements, functions, classes, attributes, methods and objects. • Python modules: DEAP, scikit-learn, matplotlib, pandas, numpy, tensorflow. | | | |
| Esami propedeutici: Informatica | | Anno di corso: secondo | |
| Prerequisiti: | | | |
| <p>- padroneggiare i contenuti del corso di Informatica - conoscenze di aspetti elementari della matematica</p> | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Prova pratica e colloquio orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: SISTEMI DINAMICI/ DYNAMICAL SYSTEMS | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: FIS/02 | CFU: 6 | Lezione: 32 ore | Esercitazione: 16 ore |
| Tipologia attività formativa: Scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Il corso punta a fornire conoscenze sui sistemi dinamici classici e le loro applicazioni con particolare riguardo ai sistemi integrabili e a quelli caotici, e alla transizione dai primi ai secondi tramite perturbazioni. | | | |
| <p>Programma sintetico Sistemi dinamici discreti, aspetti analitici e numerici. Mappa Logistica e altri esempi di sistemi caotici deterministici. Caos. Sistemi dinamici continui a dimensione finita. Sistemi integrabili, variabili azione angolo. Riduzione dei sistemi integrali e mappa del momento. Teoria di Kolmogorov-Arnold-Moser e transizione al caos. Sistemi con noise. Cenni sui sistemi dinamici a infinite dimensioni, campi. Soluzioni solitoniche.</p> <p>Contents Discrete Dynamical Systems, numerical and analytical aspects. Logistic Map and other examples of deterministic caotic systems. Finite dimensional continuous dynamical systems. Integrable systems, action/angle variables. Reduction of integrable systems and momentum map. Kolmogorov-Arnold-Moser theory and transition to chaos. Systems with Noise Elements of infinite dimensional dynamical systems. Solitonic solutions.</p> | | | |
| Esami propedeutici | | Anno di corso: secondo | |
| Prerequisiti: - padroneggiare i contenuti del corso di Analisi Matematica 1; - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| Insegnamento: COMPLEMENTI DI FISICA MATEMATICA / COMPLEMENTS OF MATHEMATICAL PHYSICS | | | |
| SSD: MAT/07 | CFU: 6 | Lezione: 32 ore | Esercitazione: 16 ore |
| Tipologia attività formativa: scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| Acquisizione di adeguate competenze nella formulazione matematica della meccanica analitica e della relatività ristretta mediante metodi geometrici, nonché nella formulazione dei modelli impiegati nell'analisi dei sistemi continui deformabili con particolare riguardo ai fluidi perfetti. Alla fine del corso lo studente sarà capace di applicare le conoscenze e le competenze acquisite risolvendo semplici problemi legati agli argomenti trattati. | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| Elementi di algebra tensoriale, calcolo differenziale e geometria differenziale. Formulazione geometrica della dinamica lagrangiana. Principio di Maupertuis. Equazioni di Lagrange e fibrato tangente. Trasformata di Legendre. Campi hamiltoniani. | | | |
| Introduzione alla relatività ristretta. Relatività galileiana. Il principio di isotropia ottica. Trasformazioni di Lorentz. Covarianza delle equazioni di Maxwell. Dinamica relativistica. Spazio-tempo di Minkowski. Equazione quadridimensionale del moto. Formulazione tensoriale dell'elettromagnetismo nel vuoto. | | | |
| Introduzione alla meccanica dei continui. Cinematica di un sistema continuo. Leggi integrali di bilancio. Equazioni di Eulero per i fluidi perfetti. Statica e dinamica di un fluido perfetto. Moti piani stazionari e irrotazionali di un fluido perfetto. Paradosso di D'Alembert e teorema di Kutta-Joukowski. Onde in un gas perfetto | | | |
| Contents | | | |
| Introduction to tensor algebra, differential calculus, and differential geometry. Geometric formulation of lagrangian dynamics. Maupertuis' principle. Lagrange's equations and fiber bundle. Legendre's transformation. Hamiltonian vector fields. | | | |
| An introduction to special relativity. Galilean relativity. Optical isotropy principle. Lorentz's transformations Covariance of Maxwell's equations. relativistic dynamics. Minkowski's space-time. Four-dimensional equation of motion. Tensor formulation of electromagnetism in vacuum. | | | |
| Introduction to continuum mechanics. Kinematics of a continuum system. Integral balance laws. Euler's equations of a perfect fluid. Statics and dynamics of a perfect fluid. Two-dimensional irrotational steady flow of a perfect fluid. D'Alembert's paradox and the Kutta-Joukowski theorem. Waves in perfect gas | | | |
| Esami propedeutici: | | Anno di corso: terzo | |
| Prerequisiti: padroneggiare i contenuti dei corsi di Analisi Matematica 1-2, Geometria e Meccanica Analitica | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: ELEMENTI DI ASTROFISICA / ELEMENTS OF ASTROPHYSICS | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: FIS/05 | CFU: 6 | Lezione: 32 ore | Esercitazione: 16 ore |
| Tipologia attività formativa: Scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso intende, innanzitutto, mostrare allo studente come le nozioni di Fisica elementare acquisite nei primi anni del corso di studi possano essere applicate in un contesto altamente interdisciplinare quale è quello astrofisico. In secondo luogo, il corso intende fornire agli studenti una conoscenza introduttiva della fenomenologia degli oggetti celesti e utilizzare tale fenomenologia per indurli ad una riflessione critica sui fondamenti della nostra conoscenza del cosmo.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <p>Il corso prevede lezioni frontali.</p> <p>Origine e ruolo dell'astrofisica. Definizione operativa di alcune grandezze fisiche. Rapporto tra esperimenti- osservazioni-simulazioni. I portatori d'informazione. Origine e natura di alcune unità di misura usate in astronomia e astrofisica. Cenni di fotometria: magnitudini. Moti propri stellari e effetto Doppler classico. Misura delle distanze cosmiche. Scala delle distanze.</p> <p>La legge di gravitazione universale e le sue applicazioni: il problema dei due corpi e le leggi di Keplero, teoremi di Newton e teorema del Viriale vettoriale. Le maree e la teoria di Roche. Risonanze planetarie. Il problema degli anelli di Saturno. Le masse planetarie e stellari. Cenni in approssimazione classica sul lensing gravitazionale.</p> <p>Classificazione spettrale e cenni di fotometria stellare. Emissione di Corpo Nero e sue leggi. Emissione di oggetti celesti nei differenti domini spettrali. Il bilanciamento energetico nelle atmosfere planetarie e stellari.</p> <p>La formazione delle righe spettrali, classificazione spettrale delle stelle. Il diagramma di Hertzsprung-Russell; la relazione massa luminosità.</p> <p>Elementi di evoluzione stellare: equazioni di struttura e modelli politropici. Fonti di energia stellare.</p> | | | |
| Contents: | | | |
| <p>The course is structured in lectures.</p> <p>Origin and role of Astrophysics. Operational definition of some physical quantities. Relation among experiments, observations and simulations. The information carriers. Origin and nature of some units commonly used in Astronomy and in Astrophysics.</p> <p>Elements of photometry: magnitudes and color indexes. Proper motions and classical Doppler effect. The cosmic distance scale.</p> <p>The Gravitation law and some applications. The two bodies problem and Kepler's laws, Newton's theorem and Virial Theorem. Tides and Roche theory. Planetary resonances. The problem of Saturn's rings. Planetary and stellar masses. Classical theory of gravitational lensing.</p> <p>Spectral classification and elements of stellar photometry. Black body emission and related laws. Panchromatic emission from celestial objects. The Energy budget of planetary and stellar atmospheres.</p> <p>Formation of spectral lines and spectral classification of stars. The H-R diagram and the mass-luminosity relation. Color-magnitude diagrams.</p> <p>Elements of stellar evolution: equations of structure and polytropic models. Sources of stellar Energy.</p> | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: terzo | |
| Prerequisiti: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti del corso di Analisi Matematica 1 - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo, Onde e Ottica | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: ELEMENTI DI BIOFISICA /ELEMENTS OF BIOPHYSICS | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: FIS/07 | CFU: 6 | Lezione: 32 ore | Esercitazione: 16 ore |
| Tipologia attività formativa: Scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso si propone di fornire allo studente nozioni di base sui principali processi alla base della vita cellulare ed illustrare meccanismi biofisici tramite cui l'informazione genetica è preservata, trascritta e trasmessa; particolare enfasi viene posta sulla comprensione della risposta a livello biomolecolare ad alterazioni spontanee o endogene introducendo lo studente all'approfondimento delle tematiche inerenti all'esposizione umana alla radiazione ionizzante ed alle sue applicazioni in campo biomedico</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <p>Modellizzazione di sistemi biologici. Gli elementi chimici della vita: composizione elementare e molecolare delle cellule. Macromolecole: struttura, forma e informazione. Struttura e proprietà chimico-fisiche degli acidi nucleici, dei polipeptidi e delle membrane biologiche. Meccanismi genetici di base. Meccanismi di riparo del DNA ed aberrazioni cromosomiche. Telomeri e loro ruolo nella senescenza cellulare. Preparazione e caratterizzazione biofisica di singole cellule: isolamento e crescita in coltura; tecniche di piastraggio, clonaggio e conteggio; curve di crescita. Conoscenze di base delle principali tecniche di analisi biomacromolecole (tecniche elettroforetiche, radioisotopiche e di ibridazione molecolare).</p> | | | |
| Contents: | | | |
| <p>Modelization of biological systems: The chemical constituents of Life: elemental and molecular composition of living cells. Biomacromolecules: structure, shape and carried information. Structure and chemical-physical properties of nucleic acids, polypeptides and biological membranes. Basic mechanisms underlying genetical information inheritance. Maintenance of DNA integrity: Main repair mechanisms and chromosome aberrations from genotoxic as well as endogenous sources. Telomeres and their role in cellular senescence. Establishment and biophysical characterization of single cells: isolation of cell lines. Plating, counting and cloning of cells in vitro. Growth curves. Overview of the main analytical techniques of relevance for the characterization of biomacromolecules (e.g. electrophoresis, radioisotope use, molecular hybridization)</p> | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: terzo | |
| Prerequisiti: | | | |
| <p>- padroneggiare i contenuti dei corsi di Meccanica e Termodinamica, Elettromagnetismo; - padroneggiare i contenuti del corso di Chimica;</p> | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: ELEMENTI DI FISICA DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI/ELEMENTS OF PHYSICS OF IONIZING RADIATIONS | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: FIS/04 | CFU: 6 | Lezione: 32 ore | Esercitazione: 16 ore |
| Tipologia attività formativa: Scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| <p>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Il corso si propone di fornire allo studente nozioni di base sulla misura delle radiazioni ionizzanti e dei relativi effetti nell'interazione con la materia, sia nel campo della ricerca di base che della fisica applicata. Verranno introdotte le principali tecniche di rivelazione e analisi delle radiazioni e dei radioisotopi con metodi radiometrici e non, sia per la sorveglianza ambientale che per la metrologia delle radiazioni ionizzanti. Saranno presentate alcune delle tecniche di analisi non distruttiva con fasci di ioni per lo studio e la caratterizzazione dei materiali.</p> | | | |
| <p>Programma sintetico Il decadimento radioattivo e la misura dei parametri che lo caratterizzano (intensità, attività, vita media). Le sorgenti di radiazioni e i vari tipi di trasformazione radioattiva. Trasformazioni successive. Equilibrio Radioattivo. Interazione delle radiazioni con la materia. Danneggiamento stocastico e non-stocastico. Radiazioni direttamente e indirettamente ionizzanti. Principali tecniche di rivelazione. Dose: definizione e misura delle principali grandezze dosimetriche. Produzione e rivelazione di raggi x, beta, gamma e neutroni. Fasci di ioni e cenni alle loro applicazioni. Sorgenti radioattive artificiali e naturali nell'ambiente; problemi connessi. Il caso del radon. Principali tecniche di monitoraggio ambientale. Misure in campo e tecniche di campionamento. Analisi elementale. Spettrometria di massa e spettrometria di massa ultrasensibile con acceleratore (AMS). Tecniche di analisi non distruttiva con fasci di ioni (Ion beam Analysis).</p> <p>Contents The radioactive decay and the measurement of its characteristic parameters (intensity, activity, lifetime). The radioactive sources and the different kinds of radioactivity. Radioactive equilibrium. Interaction of radiation with matter. Stochastic and non stochastic radiation damage. Directly and indirectly ionizing radiations. Main detection techniques. The dose: definition and measurement of the main dosimetric quantities. Production and detection of X, Beta and Gamma rays and neutrons. Ions beams and their application. Artificial and natural radioactive sources in the environment. The radon case. Main techniques of environmental monitoring. Sampling techniques. Mass spectrometry. Non destructive Ion beam analysis.</p> | | | |
| Esami propedeutici | | Anno di corso: terzo | |
| <p>Prerequisiti: - padroneggiare i contenuti dei corsi di Meccanica e Termodinamica, Elettromagnetismo, Onde e Ottica; - padroneggiare i contenuti del corso di Istituzioni di Meccanica Quantistica;</p> | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: ELEMENTI DI GEOFISICA / ELEMENTS OF GEOPHYSICS | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: FIS/06 | CFU: 6 | Lezione: 34 ore | Esercitazione: 14 ore |
| Tipologia attività formativa: Scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso ha lo scopo di introdurre i fondamenti fisici delle metodologie con cui studi l'interno della Terra. Queste metodologie spaziano dalla meccanica alla termodinamica all'elettromagnetismo.</p> <p>Lo studente dovrà dimostrare di conoscere gli argomenti, avere familiarità con la fenomenologia ed i processi, di sapere affrontare gli argomenti proposti durante la prova di esame formulando ipotesi e approssimazioni, discutendo le soluzioni e verificando la coerenza delle approssimazioni con i dati fenomenologici/sperimentali.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <p>Tettonica delle placche: elementi fondamentali e descrizione cinematica. Il campo gravitazionale terrestre: la misura dell'accelerazione di gravità, la forma della Terra, distribuzione della densità all'interno del pianeta, isostasia. La sismologia: propagazione delle onde elastiche e teoria del raggio, sismometria, caratterizzazione di un terremoto, modelli di Terra monodimensionali, la struttura della Terra. Bilancio termico del pianeta, modelli di flusso geotermico, la convezione nel mantello e implicazioni per la tettonica. Il campo magnetico terrestre: descrizione del campo, rappresentazione e studio della sua generazione.</p> | | | |
| Contents: | | | |
| <p>Plate tectonics: fundamentals and kinematic description. Gravitational field: measurement of gravity acceleration, the shape of the Earth, density distribution inside the planet, isostasy. Seismology: elastic wave propagation and ray theory, seismometry, earthquake seismology, reference Earth models, structure of the planet. Thermal budget, geothermal heat flux models, mantle convection and tectonic implications. The Earth magnetic field: description, representation and study of its sources.</p> | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: terzo | |
| Prerequisiti: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo; | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA/ELEMENTS OF STATISTICAL MECHANICS | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: FIS/02 | CFU: 6 | Lezione: 32 ore | Esercitazione: 16 ore |
| Tipologia attività formativa: Scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Questo corso è un'introduzione ai concetti di base della Meccanica Statistica con lo scopo di presentare in maniera coerente e unitaria, partendo da principi fondamentali, le sue applicazioni in particolare ai sistemi di particelle <i>non interagenti</i>, come gas classici e quantistici (Termodinamica, distribuzioni di Bose-Einstein, Fermi-Dirac). Sono discussi importanti esempi di applicazioni attuali nel mondo della scienza e delle tecnologie d'avanguardia, dalla Fisica ai Metodi Computazionali, alla Finanza fino alla Biologia Quantitativa, anche per evidenziare la varietà di sbocchi professionali in ambito internazionale.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <p>a) concetti di base della Teoria della Probabilità e della Statistica e applicazioni come, opzionali, processi stocastici, catene di Markov, tecniche bayesiane, etc.;</p> <p>b) introduzione ai principi della Meccanica Statistica (ipotesi ergodica, massimo entropia, etc.), agli insiemi statistici (come Micro-, Gran- e Canonico), agli strumenti concettuali di calcolo (funzione di partizione, trasformazioni di Legendre e Laplace, potenziali) e applicazioni (Teorema del Viriale, Equipartizione dell'Energia, Relazioni Fluttuazione-Dissipazione, etc.);</p> <p>c) applicazioni ai gas ideali classici, equazioni di stato, distribuzioni di Maxwell-Boltzmann, formula barometrica, sistemi a due livelli, gas reticolari e sistemi di spin indipendenti, oscillatori armonici; applicazioni di base alla Finanza e alla Biologia Quantitativa;</p> <p>d) derivazione della Termodinamica dai principi primi della Meccanica Statistica (leggi della termodinamica, variabili di stato, equazioni di stato, potenziali termodinamici, equazione di Gibbs-Duhem, etc.) e implicazioni (p.es. la freccia del tempo);</p> <p>e) Meccanica Statistica Quantistica (formalismo di von Neumann), sue applicazioni (distribuzioni di Bose-Einstein e Fermi-Dirac) e limite classico (paradosso di Gibbs). Applicazioni ai sistemi di particelle non-interagenti non-relativistiche e relativistiche, come per esempio, fotoni e teoria di Planck del corpo nero, radiazione di fondo, fononi di Debye e eccitazioni nei solidi, condensazioni di Bose-Einstein, elettroni di conduzione di Sommerfeld nei metalli, stelle di neutroni, etc.;</p> <p>f) tecniche di calcolo e simulazione al computer, dai metodi agli elementi finiti (Dinamica Molecolare) al Monte Carlo e, opzionale, al Simulated Annealing, ai fondamenti degli algoritmi statistici di Machine Learning; teoria dei network.</p> | | | |
| Contents: | | | |
| <p>a) basic concepts of Probability Theory and Statistics and their applications such as, optionally, stochastic processes, Markov chains, Bayesian techniques, etc.;</p> <p>b) introduction to the principles of Statistical Mechanics (ergodic hypothesis, maximum entropy, etc.), to statistical ensembles (such as Micro-, Gran- and Canonic), to the conceptual tools of calculation (partition function, Legendre and Laplace transformations, potentials) and applications (Viral Theorem, Energy Equipartition, Fluctuation-Dissipation Relations, etc.);</p> <p>c) applications to classical ideal gases, state equations, Maxwell-Boltzmann distributions, barometric formula, two-level systems, lattice gases and independent spin systems, harmonic oscillators; basic applications to Quantitative Finance and Biology;</p> <p>d) derivation of Thermodynamics from the first principles of Statistical Mechanics (laws of thermodynamics, state variables, equations of state, thermodynamic potentials, Gibbs-Duhem equation, etc.) and implications (e.g. the arrow of time);</p> <p>e) Quantum Statistical Mechanics (von Neumann approach), its applications (Bose-Einstein and Fermi-Dirac distributions) and classical limit (Gibbs paradox). Applications to non-relativistic and relativistic non-interacting particle systems, such as photons and Planck black body theory, background radiation, Debye phonons and excitations in solids, Bose-Einstein condensation, Sommerfeld conduction electrons in metals, neutron stars, etc.;</p> <p>f) computational techniques of calculation and simulation, from finite element methods (Molecular Dynamics) to Monte Carlo and, optionally, Simulated Annealing, the foundations of Machine Learning statistical algorithms; network theory.</p> | | | |
| Esami propedeutici | | Anno di corso: terzo | |
| Prerequisiti: | | | |
| - padroneggiare i contenuti dei corsi di Meccanica e Termodinamica, Elettromagnetismo, Onde e Ottica - padroneggiare i contenuti dei corso di Istituzioni di Meccanica Quantistica | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: ELEMENTI di RELATIVITA' E COSMOLOGIA / ELEMENTS OF RELATIVITY AND COSMOLOGY | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| Settori Scientifico - Disciplinari: FIS/05 - FIS/02-MAT07 | CFU: 6 | Lezione: 32 ore | Esercitazione: 16 ore |
| Tipologia attività formativa: scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| <p>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Il corso è rivolto a studenti dei corsi di laurea triennale in Fisica e Matematica che conoscono l'analisi matematica e la fisica generale classica. Intende essere un corso a scelta complementare ai corsi di Fisica Moderna ed Elementi di Astrofisica.</p> | | | |
| <p>Programma Sintetico:</p> <p><i>Parte I:</i> La gravitazione di Newton. Introduzione ai metodi classici della meccanica celeste. Sistemi di coordinate celesti. Il moto planetario. Il problema di Keplero. Gli elementi orbitali. Teoria del potenziale. Determinazione delle orbite.</p> <p><i>Parte II:</i> La Relatività Ristretta: Trasformazioni di Lorentz. Dilatazione del tempo. Effetto Doppler. Contrazione delle lunghezze. La Relatività Generale: Principio di Equivalenza. La metrica. Le geodetiche. Curvatura dello spazio tempo. Cenni alle equazioni di Einstein. Precessione al perielio, lensing gravitazionale, redshift gravitazionale. Il collasso gravitazionale. I buchi neri. Le onde gravitazionali.</p> <p><i>Parte III:</i> Il concetto di modello cosmologico. Legge di Hubble ed espansione dell'Universo. Equazioni cosmologiche. La costante cosmologica. La scala delle distanze cosmologiche. Cosmologia osservativa. I problemi della materia oscura e dell'energia oscura.</p> <p>Contents:</p> <p><i>Part I (Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy,):</i> Newton's gravity. Introduction to classical methods of celestial mechanics. Celestial Coordinate Systems. The planetary motion. The Kepler problem. Orbital elements. Potential theory. Determination of orbits.</p> <p><i>Part II (Gravitation and Relativity):</i> Special Relativity: Lorentz's Transformations. Dilation of time. Doppler effect. Length's contraction. General Relativity: Principle of Equivalence. The metric. Geodesics. Spacetime curvature. Einstein's equations. Perihelion precession, gravitational lensing, gravitational redshift The gravitational collapse. Black holes. The gravitational waves.</p> <p><i>Part III (Cosmology):</i> The concept of a cosmological model. Hubble Law and Universe Expansion. Cosmological equations. The cosmological constant. The scale of cosmological distances. Observational cosmology. The problems of dark matter and dark energy.</p> | | | |
| Esami propedeutici: | | Anno di corso: terzo | |
| <p>Prerequisiti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti dei corsi di Analisi Matematica 1 e 2 - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica; | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale. | | | |

| Insegnamento: SISTEMI ACQUISIZIONE DATI/ DATA ACQUISITION SYSTEMS | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SSD: FIS/01 | CFU: 6 | Lezione: 18 ore | Esercitazione: 30 ore |
| Tipologia attività formativa: scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>Il corso di propone di fornire le conoscenze di base per sviluppare sistemi di lettura di strumentazione di laboratorio e di acquisizione dati, basato su ambienti di programmazione sia testuali sia visuali (per es. Matlab, LabView), con librerie avanzate di analisi e di grafica. Il corso fornisce inoltre una introduzione di base ai sistemi basati su microprocessori e microcontrollori, orientati ad applicazioni di controllo ed acquisizione dati, approfondendo aspetti hardware e software affrontati nei corsi di informatica di base.</p> <p>Il corso si articola in lezioni frontali ed esercitazioni di laboratorio indirizzate allo sviluppo di un semplice sistema di acquisizione dati.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| Microprocessori e microcontrollori | | | |
| Architettura di un microprocessore. Sistemi basati su microprocessore. Anatomia di un microcontrollore. Anatomia di un microcomputer. Tecniche di programmazione. Sviluppo di semplici applicativi per acquisizione dati Ambienti di sviluppo per Acquisizione dati | | | |
| Ambienti grafici: l'ambiente di programmazione LabView | | | |
| Ambienti testuali: l'ambiente di programmazione di Arduino, l'ambiente di programmazione Matlab per acquisizione dati, Python. | | | |
| Sviluppo di un sistema di lettura di uno strumento di laboratorio | | | |
| Analisi dati e grafica (Matlab, Python): analisi dati nel dominio del tempo, analisi dati nel dominio delle frequenze | | | |
| Contents | | | |
| Microprocessor and microcontrollers | | | |
| Microprocessor architecture. Systems based on microprocessors. Microcontroller anatomy. Microcomputer Anatomy. Programming techniques. Development of simple software for data acquisition. | | | |
| Development environments for data acquisition | | | |
| Graphical environments: the LabView programming Text | | | |
| environments: Arduino, Matlab and Python Development | | | |
| of a readout system for an instrument. | | | |
| Graphical data analysis: time domain and frequency domain analysis | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: terzo | |
| Prerequisiti: conoscenza di un linguaggio di programmazione | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: esame orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

| Insegnamento: STORIA DELLA FISICA / HISTORY OF PHYSICS | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|-------------------------|
| SSD: FIS/08 | CFU: 6 | Lezione: 42 ore | Esercitazione: 6 |
| Tipologia attività formativa: Scelta | | Durata del corso: semestrale | |
| Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: | | | |
| <p>La <i>finalità</i> del corso è quella di integrare criticamente, attraverso percorsi storici, aspetti fondamentali della fisica classica e moderna studiata durante i corsi del Triennio con le indicazioni relative all'analisi storica.</p> <p>Gli <i>obiettivi cognitivi</i> che si vogliono raggiungere sono le conoscenze storico-critiche di alcune tematiche fisiche studiate dal punto di vista positivo e curricolare.</p> <p>Le competenze da acquisire riguardano la strutturazione di un quadro storico impostato sullo sviluppo delle idee fisiche. Il corso intende inoltre fornire lo studente dei metodi di indirizzo della Storia della Fisica necessari alla comprensione delle modalità della ricerca nel settore. Lo studente sarà guidato nell'applicazione delle proprie conoscenze, parteciperà ad attività (visite al Museo di Fisica dell'Ateneo, ricostruzioni illustrative di esperimenti storici) per acquisire familiarità con le metodologie esposte.</p> | | | |
| Programma sintetico: | | | |
| <p>Il corso intende presentare le principali idee e i maggiori scienziati che hanno dato origine alla scienza moderna. Il programma è diviso in due moduli. Il primo modulo parte dalla rivoluzione scientifica del Rinascimento. Dopo un breve accenno all'opera di Copernico e Keplero, si analizzano le ricerche condotte da Galilei, Descartes e Newton.</p> <p>Il secondo modulo prende in esame le indagini teoriche e sperimentali che a partire dal Settecento portarono all'analisi dei fenomeni elettrici e magnetici e nell'Ottocento all'individuazione del carattere universale dell'interazione elettromagnetica.</p> <p>Particolare risalto è dato alla storia del concetto di Etere e Campo, e ai lavori di Aepinus, Coulomb, Poisson, Ampère, Faraday, Maxwell e Lorentz.</p> <p>Ciascuna lezione ha di norma la durata di due ore, o in casi particolari di quattro ore. La metodologia didattica adottata è quella della ricostruzione storico-critica degli aspetti teorici e sperimentali, anche mediante lettura e commento di testi originali o di importanti articoli di storici della Fisica</p> | | | |
| Contents: | | | |
| <p>Aim of the Course is to present the main ideas and scientists who gave rise to modern science. The Contents are divided in two parts.</p> <p>The first part starts from the scientific revolution of the Renaissance. After a short account of the work of Copernicus and Kepler, the works of Galileo, Descartes and Newton are discussed.</p> <p>The second part is devoted to reconstruct the theoretical and experimental inquiries of the electric and magnetic phenomena which led to discover, during the XVIII and XIX centuries, the universal character of the electro-magnetic interaction. The history of the concepts of Aether and Field, as well as the works of Aepinus, Coulomb, Poisson, Ampère, Faraday, Maxwell e Lorentz, are particularly emphasized.</p> <p>Each lecture lasts two hours, or four hours in particular cases. The teaching methodology:</p> <p>Historical-critical reconstruction of theoretical and experimental aspects, even through reading and commenting of original texts or important papers of historians of Physics.</p> | | | |
| Esami propedeutici: nessuno | | Anno di corso: terzo | |
| Prerequisiti: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo, Onde e Ottica; - conoscere i principali contenuti del corso di Istituzioni di Meccanica Quantistica. | | | |
| Modalità di accertamento del profitto: Esame orale | | | |
| Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti | | | |

Allegato C

Prova finale

La CCD stabilisce le modalità di svolgimento dell'esame di laurea in Fisica che consiste nella discussione dinanzi a una Commissione all'uopo nominata, di un elaborato scritto, su un argomento proposto dal relatore e svolto dallo studente in modo autonomo con la guida del relatore.

L'elaborato è una relazione su un'applicazione di metodi teorici e/o sperimentali a un problema specifico. Il lavoro di tesi è anche finalizzato all'acquisizione di abilità riguardanti la comunicazione, la diffusione e il reperimento delle informazioni scientifiche, anche con metodi bibliografici, informatici e telematici.

Al termine della discussione la Commissione valuta la prova esprimendo un voto di laurea in cento-decimi che tiene conto anche della carriera universitaria del candidato.

Qualora il voto di laurea non sia inferiore a 110 la Commissione può attribuire allo studente la distinzione della lode.

Modalità per la richiesta e l'assegnazione della tesi di Laurea

Lo studente che abbia acquisito almeno 130 CFU deve presentare la richiesta di assegnazione tesi, su apposito modulo, alla Segreteria Didattica del Dipartimento di Fisica indicando l'argomento ed, eventualmente, il nome del relatore. Situazioni particolari, che non abbiano questi requisiti, saranno valutate caso per caso. La Segreteria della CCD procede all'approvazione della richiesta e alla designazione del Relatore, il quale dovrà seguire, sotto la sua responsabilità, il lavoro del laureando, con particolare riguardo alla stesura della relazione finale.

Norme per l'ammissione all'esame

È ammesso all'esame di laurea, lo studente che ha conseguito tutti i 177 crediti del vigente Regolamento del Corso di Laurea in Fisica.

Oltre a compiere gli adempimenti comuni per i laureandi di tutti i corsi di laurea, quali la domanda e la prenotazione presso la Segreteria Studenti dell'Area di Scienze della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, i laureandi in Fisica devono prenotarsi e consegnare l'elaborato di tesi (in copia cartacea ed eventualmente come file PDF su supporto opportuno), entro la data che sarà comunicata nella Guida dello Studente, presso la Segreteria Didattica del Dipartimento di Fisica, Complesso Universitario di Monte S. Angelo.