



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**  
**SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE**

**DIPARTIMENTO DI FISICA "ETTORE PANCINI"**

**GUIDA DELLO STUDENTE**

**CORSO DI LAUREA IN FISICA**

*Classe delle Lauree in Fisica, Classe N. L-30*

**ANNO ACCADEMICO 2017/2018**

Napoli, settembre 2017

## **Finalità del Corso di Studi e sbocchi occupazionali**

I laureati nel Corso di Laurea Triennale in Fisica devono possedere un'adeguata conoscenza di base dei diversi settori della fisica classica e moderna; possedere familiarità con il metodo scientifico di indagine ed essere in grado di applicarlo nella rappresentazione e nella modellizzazione della realtà fisica e della loro verifica; possedere competenze operative e di laboratorio; saper comprendere e utilizzare strumenti matematici e informatici adeguati; possedere capacità nell'utilizzare le più moderne tecnologie; possedere capacità di gestire sistemi complessi di misura e di analizzare con metodologia scientifica grandi insiemi di dati; essere capaci di operare professionalmente in ambiti definiti di applicazione, quali il supporto scientifico alle attività industriali, mediche, sanitarie e concernenti l'ambiente, il risparmio energetico e i beni culturali, nonché le varie attività rivolte alla diffusione della cultura scientifica; essere in possesso di adeguate competenze e strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione; possedere strumenti e flessibilità per un aggiornamento rapido e continuo al progresso della scienza e della tecnologia; essere capaci di lavorare in gruppo, pur operando con definiti gradi di autonomia, e di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro; essere in grado di utilizzare efficacemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano, nell'ambito specifico di competenza e per lo scambio di informazioni generali.

I laureati della classe svolgeranno attività professionali negli ambiti delle applicazioni tecnologiche della fisica a livello industriale (per es. elettronica, ottica, informatica, meccanica, acustica, etc.), delle attività di laboratorio e dei servizi relativi, in particolare, alla radioprotezione, al controllo e alla sicurezza ambientale, allo sviluppo e caratterizzazione di materiali, alle telecomunicazioni, ai controlli remoti di sistemi satellitari, e della partecipazione alle attività di enti di ricerca pubblici e privati, e in tutti gli ambiti, anche non scientifici (per esempio dell'economia, della finanza, della sicurezza), in cui siano richieste capacità di analizzare e modellizzare fenomeni anche complessi con metodologia scientifica.

Ai fini indicati, i curricula dei corsi di laurea della classe comprendono in ogni caso attività finalizzate ad acquisire: conoscenze di base dell'algebra, della geometria, del calcolo differenziale e integrale; conoscenze fondamentali della fisica classica, della fisica teorica e della fisica quantistica e delle loro basi matematiche; elementi di chimica; aspetti della fisica moderna, relativi ad esempio all'astronomia e astrofisica, alla fisica nucleare e subnucleare, e alla struttura della materia; devono prevedere in ogni caso, fra le attività formative nei diversi settori disciplinari, attività di laboratorio per un congruo numero di crediti, in particolare dedicate alla conoscenza di metodiche sperimentali, alla misura e all'elaborazione dei dati; possono prevedere, in relazione a obiettivi specifici, attività esterne, come tirocini formativi presso aziende, strutture della pubblica amministrazione e laboratori, oltre a soggiorni di studio presso altre università italiane ed estere, anche nel quadro di accordi internazionali.

## Laurea Triennale in Fisica

n° esami: 16 + 1 colloquio di lingua inglese + 12 CFU a scelta

n° anni: 3

<i>Periodo di attività</i>	<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>
<b>I anno - 1° semestre</b> 	Analisi Matematica 1	12
	Geometria	9
	Meccanica e Termodinamica ( <i>parte 1</i> )	5
	Laboratorio di Fisica 1 ( <i>parte 1</i> )	3
<b>I anno - 2° semestre</b> 	Chimica	8
	Meccanica e Termodinamica ( <i>parte 2</i> )	9
	Laboratorio di Fisica 1 ( <i>parte 2</i> )	7
	Lingua Inglese	4
<b>II anno - 1° semestre</b> 	Analisi Matematica 2	10
	Elettromagnetismo e Ottica	12
	Informatica	6
	Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 1</i> )	5
<b>II anno - 2° semestre</b> 	Metodi Matematici della Fisica	10
	Meccanica Analitica	8
	Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 2</i> )	5
	Altre attività (art. 10, 5d)	3
<b>III anno - 1° semestre</b> 	Istituzioni di Meccanica Quantistica	12
	Fisica Moderna	8
	Laboratorio di Fisica 3 ( <i>parte 1</i> )	5
<b>III anno - 2° semestre</b> 	Laboratorio di Fisica 3 ( <i>parte 2</i> )	5
	Elementi di Fisica della Materia	8
	Elementi di Fisica Nucleare e Subnucleare	8
<b>Formazione a scelta</b>	CFU a scelta libera fra 2°-3° anno	12
<b>Attività finali</b> 	Prova finale	6

**Nota:** Alcuni corsi si estendono sull'intero anno: ne viene indicata come *prima parte* il periodo di attività nel primo semestre e come *seconda parte* il periodo di attività nel secondo semestre; l'esame è unico e ha luogo dopo il termine delle attività didattiche del secondo semestre. Lo studente può utilizzare i 12 CFU delle attività a scelte (DM 270/04 art. 10 comma 5, lettera a) nel modo che ritiene più opportuno per seguire uno o più insegnamenti liberamente scelti tra tutti quelli presenti presso l'Ateneo, purché congruenti con gli obiettivi formativi del Corso di Laurea.

## I corsi attivati

Per l'indicazione dell'aula e dei laboratori dove si svolgono lezioni ed esercitazioni e per il relativo orario si consiglia di informarsi presso le apposite bacheche dei Corsi di Studio (CdS) in Fisica, oppure di collegarsi al sito *web* dei CdS in Fisica (<http://www.fisica.unina.it/triennale-in-fisica>) in cui si potranno trovare tutte le informazioni necessarie relative al CdS.

I Dipartimenti presso i quali afferiscono i corsi sono indicati con le sigle qui di seguito riportate:

<b>CH</b>	<b>Dipartimento di Scienze Chimiche</b>
<b>DF</b>	<b>Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini"</b>
<b>GV</b>	<b>Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia</b>
<b>MA</b>	<b>Dipartimento di Matematica e Applicazioni</b>
<b>BDF</b>	<b>Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale</b>
<b>SB</b>	<b>Dipartimento di Scienze Biologiche</b>
<b>CLA</b>	<b>Centro Linguistico di Ateneo</b>

Tutti questi Dipartimenti, a eccezione di GV e SB, hanno sede nel Complesso Universitario di Monte S. Angelo. Per l'indicazione dell'aula e dei laboratori dove si svolgono lezioni ed esercitazioni e per il relativo orario informarsi in primo luogo presso il Dipartimento di Fisica e in seconda istanza presso il Dipartimento indicato a fianco dell'insegnamento. In mancanza di indicazione si sottintende che il Dipartimento è DF.

### CORSO DI LAUREA IN FISICA, CODICE N85

Insegnamento	Gruppo	Docente	Dip./Sez.	Anno/ semestre
Analisi Matematica 1	1	Nitsch C.	MA	I/1°
Analisi Matematica 1	2	Trombetti G.	DF	I/1°
Geometria	1	Donati G.	MA	I/1°
Geometria	2	Di Gennaro R.	MA	I/1°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo A (parte 1)</i>	1	Santamato E.	DF	I/1°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo B (parte 1)</i>	1	Liccardo A.	DF	I/1°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo A (parte 1)</i>	2	Ambrosino F.	DF	I/1°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo B (parte 1)</i>	2	Festa G.	DF	I/1°
Laboratorio di Fisica 1 ( <i>parte 1</i> )	1	Palladino V.	DF	I/1°
Laboratorio di Fisica 1 ( <i>parte 1</i> )	2	Canale V.	DF	I/1°
Laboratorio di Lingua Straniera		Lettore di lingua inglese	CLA	I/2°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo A (parte 2)</i>	1	Santamato E.	DF	I/2°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo B (parte 2)</i>	1	Liccardo A.	DF	I/2°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo A (parte 2)</i>	2	Ambrosino F.	DF	I/2°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo B (parte 2)</i>	2	Festa G.	DF	I/2°
Laboratorio di Fisica 1 ( <i>parte 2</i> )	1	Palladino V.	DF	I/2°
Laboratorio di Fisica 1 ( <i>parte 2</i> )	2	Canale V.	DF	I/2°
Chimica	unico	Cipulli R.	CH	I/2°
Analisi Matematica 2	1	Brandolini B.	MA	II/1°
Analisi Matematica 2	2	Ferone V.	DF	II/1°
Elettromagnetismo e Ottica	1	De Lellis G.	DF	II/1°

Insegnamento	Gruppo	Docente	Dip./Sez.	Anno/ semestre
Elettromagnetismo e Ottica	2	Marrucci L.	DF	II/1°
Informatica	1	De Nardo G.	DF	II/1°
Informatica	2	Acampora G.	DF	II/1°
Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 1</i> )	1	Maddalena P.	DF	II/1°
Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 1</i> )	2	De Lisio C.	DF	II/1°
Metodi Matematici della Fisica	unico	Figari R.	DF	II/2°
Meccanica Analitica	unico	Marasco D.	MA	II/2°
Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 2</i> )	1	Maddalena P.	DF	II/2°
Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 2</i> )	2	De Lisio C.	DF	II/2°
Complementi di Fisica	unico	De Lellis - Canale	DF	II/2°
Elementi di Astrofisica	unico	Longo G.	DF	II/2°
Elementi di Biofisica	unico	Manti L.	DF	II/2°
Elementi di Geofisica	unico	Russo G. jr	DF	II/2°
Ottica	unico	Amoruso S.	DF	II/2°
Altre Attività				
Istituzioni di Meccanica Quantistica	unico	Miele G.	DF	III/1°
Fisica Moderna	unico	Peruggi F.	DF	III/1°
Laboratorio di Fisica 3 mod. A	1	Fiorillo G.	DF	III/1°
Laboratorio di Fisica 3 mod. A	2	Alvigi M.G.	DF	III/1°
Laboratorio di Fisica 3 mod. B	1	Fiorillo G.	DF	III/2°
Laboratorio di Fisica 3 mod. B	2	Guarino F.	DF	III/2°
Elementi di Fisica della Materia	unico	Cataudella V.	DF	III/2°
Elementi di Fisica Nucleare e Subnucleare	unico	Merola L.	DF	III/2°
Preparazione di Esperienze Didattiche	unico	Testa I.	DF	III/2°
Storia della Fisica	unico	Ventriglia F.	DF	III/2°

**Nota:** I corsi suddivisi in modulo A e B prevedono la ripartizione di lezioni ed esercitazioni fra due docenti; l'esame è unico e avviene in presenza di entrambi i docenti. Pur restando la libertà di scelta sono attivati 5 corsi, nei SSD di Fisica, consigliati agli studenti interessati ad approfondire tematiche attinenti a discipline del Corso di Laurea per completare e personalizzare la preparazione

## Criteri per la suddivisione degli studenti per i corsi plurimi

Per quanto riguarda i corsi di *Analisi Matematica 1, Geometria, Meccanica e Termodinamica, Laboratorio di Fisica 1, Analisi Matematica 2, Elettromagnetismo e Ottica, Laboratorio di Fisica 2, Informatica, Laboratorio di Fisica 3* gli studenti aventi numero un cognome che inizia con la lettera da A a G sono assegnati al gruppo 1, mentre gli studenti con il cognome che inizia con la lettera da H a Z sono assegnati al gruppo 2.

## Esami

Gli studenti in corso possono sostenere esami tra la fine del primo semestre e l'inizio del secondo semestre e dopo la chiusura del secondo semestre fino all'inizio del primo semestre dell'anno successivo. Vengono individuati tre periodi di esami: (a) gennaio-febbraio; (b) giugno-luglio; (c)

settembre, le cui date vengono esatte vengono stabilite di anno in anno (vedi il calendario successivo).

Gli studenti fuori corso o a partire dal secondo semestre del terzo anno<sup>1</sup> possono sostenere esami anche nei mesi di: *marzo -maggio – ottobre – novembre – dicembre*. Le date di questi esami, se non esplicitamente presenti nel calendario, vanno concordate con i docenti.

I criteri di propedeuticità sono riportati nelle schede descrittive degli insegnamenti contenute nel Regolamento Didattico vigente (<http://www.fisica.unina.it/triennale-in-fisica>) e reperibili anche nella pagina web dedicata (<http://www.fisica.unina.it/triennale-in-fisica/schede-descrittive-fisica>).

Gli esami degli insegnamenti possono non essere tenuti in tutti i mesi sopra elencati. Per informazioni si consiglia comunque di far riferimento ai siti *web* dei singoli docenti e alle bacheche del CdS.

## **Esame di laurea**

È ammesso all'esame di laurea, lo studente che ha conseguito tutti i 174 crediti del vigente Ordinamento del Corso di Laurea in Fisica.

Oltre a compiere gli adempimenti comuni per i laureandi di tutti i corsi di laurea, quali domanda e prenotazione presso la Segreteria Studenti della Facoltà di Scienze, 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 nel Manifesto degli Studi, presso la Segreteria Didattica del Dipartimento di Fisica, Complesso Universitario di Monte S. Angelo.

Superato l'esame di laurea lo studente consegue il titolo di Dottore in Fisica.

## **Tutorato**

Delle attività di tutorato con personale apposito verranno effettuate durante l'anno secondo un calendario da stabilire a settembre e con particolare attenzione per gli studenti del primo anno. In ogni caso gli studenti possono rivolgersi a ognuno dei propri docenti per essere seguiti e aiutati durante il percorso universitario. In casi particolari, qualora riscontrassero difficoltà nel percorso didattico, possono chiedere l'aiuto del Presidente del CCS.

Per agevolare ulteriormente il reperimento delle diverse informazioni, lo studente può consultare:

- la pagina principale della Scuola Politecnica e della Scienze di Base (Scuola PSB)  
<http://www.scuolapsb.unina.it/>
- la pagina dell'**ORIENTAMENTO** della Scuola PSB  
<http://www.scuolapsb.unina.it/index.php/orientamento>;
- la pagina del Centro di Ateneo dei Servizi per l'Inclusione Attiva e Partecipata degli Studenti (SInAPSi)  
[http://www.sinapsi.unina.it/home\\_sinapsi](http://www.sinapsi.unina.it/home_sinapsi).

## **Web docenti**

Sulla pagina del portale dell'Università o dalla pagina web del CdS (<http://www.fisica.unina.it/triennale-in-fisica>) è possibile collegarsi alle pagine personali dei docenti, in cui sono contenute, a cura del docente stesso, notizie relative ai corsi, alle date d'esame e altre informazioni utili.

---

<sup>1</sup> In questo caso si possono sostenere gli esami solo per i corsi per i quali è stata completata l'attività didattica, cioè per tutti quelli previsti dal percorso di studio entro la fine del primo semestre del terzo anno.

### **Servizio prenotazioni esami *on line***

Esiste un servizio di prenotazione on line che deve essere usato collegandosi ai siti web dei singoli docenti. In pochi casi non è stato ancora attivato da alcuni i docenti e pertanto per le prenotazioni degli esami è importante contattare per tempo i singoli docenti per conoscere le modalità effettive di ogni singolo corso.

### **Passaggi da altri corsi di studio, immatricolazione di laureati, riconoscimento esami**

I benefici connessi ad abbreviazioni di corso, convalide di esami etc., verranno concessi unicamente su espressa domanda degli interessati e mai di ufficio. Le domande, da presentare alla Segreteria Studenti, saranno valutate caso per caso in base agli insegnamenti e ai programmi svolti. Potranno essere concesse la convalida o la dispensa totale o parziale, e in quest'ultimo caso lo studente dovrà sostenere un colloquio integrativo/valutativo su parti di programma che gli saranno indicate.

### **Valutazione della carriera universitaria pregressa per gli studenti decaduti o rinunciatari**

All'atto dell'immatricolazione di uno studente è possibile riconoscere allo stesso un certo numero di crediti formativi universitari in corrispondenza a documentate attività formative svolte nella carriera precedente.

L'attività formativa svolta prima della nuova immatricolazione sarà oggetto di un'attenta valutazione da parte dei preposti Organi Accademici che, in particolare, verificheranno la non avvenuta obsolescenza dei contenuti degli esami superati a suo tempo, prima di stabilirne il valore in crediti.

Al fine del recupero delle situazioni sopra illustrate, gli interessati potranno richiedere al Consiglio della struttura didattica competente un parere preventivo sulla conversione della carriera universitaria pregressa in crediti formativi universitari, a tal fine presentando istanza agli Uffici di Segreteria Studenti, utilizzando i moduli disponibili sul sito web d'Ateneo [www.unina.it](http://www.unina.it).

La valutazione da parte delle strutture didattiche dovrà essere effettuata in tempo utile per consentire agli interessati di provvedere, eventualmente, all'immatricolazione entro le scadenze previste (le date di scadenza sono fissate dal Regolamento Didattico d'Ateneo).

### **Calendario delle attività didattiche - a.a. 2017/2018**

	<b>Inizio</b>	<b>Termine</b>
<b>1° periodo didattico</b>	20 settembre 2017	19 gennaio 2018
<b>1° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup>	22 gennaio 2018	02 marzo 2018
<b>2° periodo didattico</b>	05 marzo 2018	15 giugno 2018
<b>2° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup>	18 giugno 2018	31 luglio 2018
<b>3° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup>	01 settembre 2018	30 settembre 2018

(a): per allievi in corso. Per gli studenti fuori corso o dal secondo semestre del terzo anno esistono degli appelli nei mesi di marzo, maggio, ottobre, novembre e dicembre.

## **Referenti del Corso di Studi**

Coordinatore Didattico dei Corsi di Studio in Fisica: Prof. Vincenzo Canale – Dipartimento di Fisica - tel. 081/676451 - e-mail: vincenzo.canale@unina.it

Referente del Corso di Laurea per il Programma ERASMUS: Prof. Maurizio Paolillo – Dipartimento di Fisica - tel. 081/676906 - e-mail: maurizio.paolillo@unina.it

## **Principali link di interesse per il corso di Studio**

[Presentazione del corso di studi](#)

[Regolamento Didattico](#)

[Elenco docenti e programmi per a.a. 2017-2018:](#)

[Orario delle lezioni](#)

[Tesi ed Esame di Laurea](#)

[Modulistica per gli studenti](#)

## **Test di ingresso per il Corso di Studi in Fisica**

Oltre alla normale procedura di immatricolazione presso l'Ateneo Federico II (saranno disponibili dal 1 settembre 2017 le modalità e le informazioni necessarie su [www.unina.it](http://www.unina.it)), gli studenti interessati a uno fra i corsi di studio triennali in Fisica devono sostenere obbligatoriamente un test di autovalutazione. Il test, denominato TOLC-I e gestito dal Consorzio interuniversitario CISIA, è effettuato esclusivamente in modalità on-line presso le sedi accreditate della Federico II o di altri Atenei.

Per conoscere le date e le sedi seguire le indicazioni presenti a questo [indirizzo](#). Per effettuare la prenotazione in una delle date previste per lo svolgimento del test, si deve fare direttamente riferimento al [sito](#) del CISIA. Maggiori informazioni sulla tipologia di test e sulla sua valutazione nell'ambito dei Corsi di Studi in Fisica sono reperibili a questo [indirizzo](#).

<b>Insegnamento: ANALISI MATEMATICA 1/ MATHEMATICAL ANALYSIS 1</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare: MAT/05</b>	<b>CFU: 12</b>

<b>Tipologia attività formativa:</b> Base	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> 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.	
<b>Contents:</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari);	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

<b>Insegnamento:</b> CHIMICA/ CHEMISTRY	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> CHIM/03	<b>CFU:</b> 8

<b>Tipologia attività formativa:</b> Base	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b> Il corso fornirà gli elementi per la conoscenza e capacità di comprensione dei fenomeni chimici di base sviluppando le capacità applicative dello studente.	
<b>Programma sintetico:</b> 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.	
<b>Contents:</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari);	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

<b>Insegnamento:</b> GEOMETRIA/ GEOMETRY	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> MAT/03	<b>CFU:</b> 9

<b>Tipologia attività formativa:</b> Affine	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> 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.	
<b>Contents:</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari);	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01		<b>CFU:</b> 10
<b>Tipologia attività formativa:</b> Caratterizzante	<b>Durata del corso:</b> annuale	
<p><b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b>  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:****A) Introduzione all'esperienza fisica. (1CFU)**

1) Grandezze fisiche e loro dimensioni, 2) Unità di misura e sistemi di unità, 3) Caratteristiche di uno strumento di misura. 4) Concetto d'incertezza di misura. Rappresentazione numerica e cifre significative. Incertezze massime e casuali. Concetto di media e di deviazione standard. Incertezze sistematiche. 5) Misure indirette e propagazione delle incertezze. 6) Rappresentazione grafica dei dati sperimentali. Grafici in scale logaritmiche.

**B) Introduzione all'analisi statistica dei dati sperimentali (3,5 CFU)**

1) Introduzione alla teoria delle probabilità. Definizioni e teoremi fondamentali, 2) Variabili casuali. Funzioni di distribuzioni di variabili casuali e loro caratteristiche. Funzione cumulativa. Trasformazioni di variabili. 3) Funzioni di distribuzione con applicazione in Fisica. La distribuzione normale di Gauss. 4) Funzioni di variabili casuali. Propagazione delle incertezze statistiche. 5) Studio sperimentale delle distribuzioni. Campione statistico. Media e varianza campionarie. Teorema del limite centrale. La legge dei grandi numeri. 6) Stima dei parametri di una distribuzione. Concetto d'intervallo di confidenza e suo significato probabilistico. 7) Metodo dei minimi quadrati per la determinazione di andamenti funzionali. La media pesata. L'andamento lineare. 8) Cenni sul test del  $\chi^2$

**C) Attività di laboratorio (5,5 CFU)**

Sono previste una decina di esperienze di laboratorio per applicare le metodologie sperimentali studiate ad argomenti di meccanica e di termologia. Dopo lo svolgimento delle prove, in laboratorio, è prevista la stesura di una relazione scritta.

**Contents:****A) Introduction to experimental physics (1CFU)**

1) Physical quantities and their dimensions, 2) Units and Systems of Units, 3) Properties of measuring instruments, 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.

**B) Introduction to statistical analysis of experimental data (3.5 CFU)**

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  $\chi^2$  test

**C) Experimental Activity (5.5 CFU)**

About ten experiments are foreseen to apply the experimental methodology to topics mainly from mechanics and thermology. After each laboratory activity, the students should produce a written report.

**Esami propedeutici:****Prerequisiti:**

- 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 corso di Analisi I e Geometria svolti in parallelo;

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova pratica di laboratorio e colloquio orale

**Insegnamento: MECCANICA E TERMODINAMICA / MECHANICS AND THERMODYNAMICS**

**Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/01

**CFU:** 14

**Tipologia attività formativa:**  
Base

**Durata del corso:** annuale

**Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:**

- 1) Il corso fornirà allo studente competenze su osservazioni sperimentali e descrizione teorica dei fenomeni meccanici e termodinamici, necessarie al loro uso in Fisica.
- 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.

**Programma sintetico:**

Vettori. Punti materiali. Legge del moto. Traiettoria. Velocità. Accelerazione. Moti.

Sistemi di riferimento inerziali. Conservazione della quantità di moto. Forze. Legge di Newton. Conservazione del momento angolare. Momento di una forza. Gravitazione. Lavoro. Potenza. Energia cinetica. Forze conservative e non. Energia potenziale. Conservazione dell'energia. Forze apparenti. Principio di relatività di Galileo. Equazioni cardinali. Centro di massa. Urti. Corpi rigidi. Sistemi equivalenti di forze. Momento d'inerzia. Assi liberi di rotazione. Moto di puro rotolamento. Statica dei corpi rigidi.

Statica dei fluidi. Pressione. Legge di Archimede. Elementi di dinamica dei fluidi. Relazione di Bernoulli. Fluidi reali.

Temperatura, equilibrio termico, termometri. Gas perfetti e reali. Lavoro adiabatico. I principio della termodinamica. Energia interna, Calori specifici. Trasformazioni reversibili e irreversibili. II principio della termodinamica. Macchine termiche. Rendimento. Ciclo di Carnot. Entropia. Interpretazione microscopica elementare dei fenomeni termici.

**Contents:**

Vectors. Point mass. Law of motion. Trajectory. Velocity. Acceleration. Types of motion.

Inertial reference frames. Conservation of momentum. Force. Newton's Law. Conservation of angular momentum. Torque. Gravitation. Work. Power. Kinetic energy. Conservative and non-conservative forces. Potential energy. Conservation of energy. Fictitious (inertial) forces. Galileo's relativity principle. Dynamics of a system of particles. Centre of mass. Collisions. Rigid bodies. Equivalent systems of forces. Moment of inertia. Rotation about a free axis. Pure rolling motion.

Statics: equilibrium of rigid bodies. Statics: fluids. Pressure. Archimedes' law. Basics of fluid dynamics. Bernoulli's law. Real fluids. Temperature, thermal equilibrium, thermometers. Ideal and real gas. Adiabatic work. 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.

**Esami propedeutici:**

**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.

**Insegnamento: ANALISI MATEMATICA 2 / MATHEMATICAL ANALYSIS 2****Settore Scientifico - Disciplinare:** MAT/05**CFU:** 10**Tipologia attività formativa:**

Base

**Durata del corso:** semestrale**Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:**

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.

**Programma sintetico:**

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.

**Contents:**

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.

**Esami propedeutici:** Analisi Matematica 1**Prerequisiti:****Modalità di accertamento del profitto:** Esame scritto e orale.

<b>Insegnamento:</b> <a href="#">ELETTROMAGNETISMO E OTTICA / ELECTROMAGNETISM AND OPTICS</a>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 12
<b>Tipologia attività formativa:</b> Base	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b> 1) Il corso fornirà allo studente competenze su osservazioni sperimentali e descrizione teorica dei fenomeni elettromagnetici, necessarie al loro uso in Fisica. 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.	

**Programma sintetico:**

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. Analisi dei circuiti mediante metodo delle maglie. Circuito RC. 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. Legge di Faraday. Auto e mutua induzione elettromagnetica. Circuito RL. Circuiti in corrente alternata. Energia del campo magnetico. Corrente di spostamento. Equazioni di Maxwell. Leggi di conservazione, teorema di Poynting. Onde elettromagnetiche. Potenziali ritardati. Radiazione di carica accelerata. Ottica fisica, fenomeni di riflessione e rifrazione, interferenza e diffrazione.

**Contents:**

Electric interaction 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. Analysis of circuits by the mesh method. RC circuit. 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. Faraday's law. Self and mutual electromagnetic induction. RL circuit. Alternating-current circuits. Energy of magnetic fields. Displacement current. Maxwell's equations. Conservation laws, Poynting theorem. Electromagnetic waves. Retarded potentials. Radiation by accelerated charge. Physical optics, reflection and refraction phenomena, interference and diffraction.

**Esami propedeutici:** Meccanica e Termodinamica.

**Prerequisiti:**

- 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.

<b>Insegnamento: INFORMATICA/ INFORMATICS</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> INF/01	<b>CFU:</b> 6
<b>Tipologia attività formativa:</b> Affine	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<p><b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b>            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"> <li>1. Metodi di rappresentazione dell'informazione;</li> <li>2. Modelli teorici e architettura degli elaboratori elettronici;</li> <li>3. Sistemi operativi;</li> <li>4. Algoritmi e strutture dati fondamentali;</li> <li>5. Programmazione orientata agli oggetti;</li> <li>6. Metodi e tecniche per la programmazione in linguaggio C++;</li> <li>7. Metodi di calcolo numerico;</li> </ol> <p>Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Essere in grado di utilizzare un calcolatore in ambiente Unix/Linux;</li> <li>2. Progettare e analizzare algoritmi;</li> <li>3. Progettare applicazioni informatiche usando il paradigma ad oggetti;</li> <li>4. Implementare algoritmi nel linguaggio di programmazione C++.</li> </ol> <p>Il corso non presuppone conoscenze informatiche e dà molto risalto agli aspetti applicativi. È indispensabile seguire il laboratorio.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>            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>	
<p><b>Contents:</b>            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>	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<p><b>Prerequisiti:</b>            - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari);</p>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova pratica al calcolatore e colloquio orale.	

**Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA 2 / PHYSICS LABORATORY COURSE 2****Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/01**CFU:** 10**Tipologia attività formativa:**  
Caratterizzante**Durata del corso:** annuale**Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:**

Il corso fornirà le nozioni di base su aspetti dell'Ottica e dell'Elettromagnetismo, 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.

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'Ottica e 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.

**Programma sintetico:**

**Modulo 1:** Leggi dell'ottica geometrica. Prisma rifrangente. Formazione delle immagini. Diottra. Sistemi ottici centrati. Cenni sulla struttura dell'occhio umano. Strumenti ottici semplici. Strumenti ottici composti. Cenni sui fenomeni d'interferenza e diffrazione. Diffrazione alla Fraunhofer da una fenditura rettilinea, da un reticolo e da un'apertura circolare. Polarizzazione della luce. Legge di Malus. Attività ottica e potere rotatorio.

**Modulo 2:** Concetto di rete elettrica. Elementi circuitali e loro classificazione. Principi di Kirchhoff. Metodo delle maglie e dei nodi. Circuiti equivalenti di Thevenin e di Norton. Amperometro a bobina mobile. Voltmetro amperometrico e voltmetro digitale. Metodo volt-amperometrico. Ponte di Wheatstone. Correnti e tensioni periodiche. Elementi circuitali: generatori ed impedenze. Transienti e stati stazionari. Metodo simbolico. Circuiti RC, RL, LC e RLC. Oscilloscopio. Linee di trasmissione. Coefficiente di riflessione.

**Contents:**

**First module:** The laws of geometrical optics. The refractive prism. Formation of images. The centred optical systems. Outline of the human eye structure. Simple optical instrumentation. Complex optical instruments. Brief introduction to interference and diffraction phenomena. Fraunhofer diffraction from a linear slit, from a lattice and from a circular hole. Polarization of light. Malus' law. Optical activity and rotation.

**Second module:** The concept of the electrical network. Elements of a circuit and their classification. Kirchhoff's principles. The methods of nodes and meshes. Thévenin and Norton equivalent circuits. The moving coil ammeter. The analogical and digital voltmeters. The Wheatstone bridge. Periodic currents and voltages. Elements of a circuit: generators and impedances. Transient and stationary states. Symbolic method in electricity. RC, RL, LC and RLC circuits. The oscilloscope. Transmission lines and reflexion coefficients.

**Esami propedeutici:** Laboratorio di Fisica 1.**Prerequisiti:**

- 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 e ottica fornite dal corso di Elettromagnetismo e Ottica svolto in parallelo;

**Modalità di accertamento del profitto:** Valutazione relazioni in itinere, prove intercorso, prova pratica e colloquio finali.

**Insegnamento: MECCANICA ANALITICA / ANALYTICAL MECHANICS****Settore Scientifico - Disciplinare:** MAT/07**CFU:** 8**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 angolarizzazione. Regole di selezione di Bohr-Sommerfeld. Cenni sulle perturbazioni hamiltoniane e sul teorema KAM.

Elementi di algebra tensoriale e geometria differenziale. Dinamica e geometria. Principio di Maupertuis. Equazioni di Lagrange e fibrato tangente. Trasformata di Legendre. Campi Hamiltoniani. Introduzione alla meccanica dei continui. Leggi integrali di bilancio. Equazioni di Eulero per i fluidi perfetti. Statica e dinamica di un fluido perfetto. Moti piani stazionari e irrotazionali.

**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. Poincaré'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 Hamilton-Jacobi theory. Some fundamental theorems. Completely integrable systems. Angle-action variables. Bohr-Sommerfeld quantization rules. A sketch of the Hamiltonian perturbation theory. Overview of KAM theorem. Introduction to tensor algebra and differential geometry. Dynamics and geometry. Maupertuis' principle. Lagrange's equations and fiber bundle. Legendre's transformation. Hamiltonian vector fields. Introduction to continuum mechanics. 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.

**Esami propedeutici:** Meccanica e Termodinamica, Analisi 1, Geometria**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 orale e/o scritto.

**Insegnamento: METODI MATEMATICI DELLA FISICA / MATHEMATICAL METHODS OF PHYSICS**

**Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/02

**CFU:** 10

**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.

**Prerequisiti:**

- padroneggiare i contenuti del corso di Analisi 2 in particolare: Algebra dei numeri complessi. Teoria spettrale per matrici  $n \times n$  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.

**Insegnamento: ELEMENTI DI FISICA DELLA MATERIA / ELEMENTS OF MATTER  
PHYSICS**

**Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/03

**CFU:** 8

**Tipologia attività formativa:**  
Caratterizzante

**Durata del corso:** semestrale

**Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:**

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 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.

**Programma sintetico:**

**Atomi a molti elettroni:** Particelle identiche in meccanica quantistica: simmetrie di scambio. Atomo di Elio: stato fondamentale e stati eccitati. Metodo autoconsistente di Hartree-Fock. Oltre il campo autoconsistente: teoria dei multipletti. Effetti relativistici e magnetici di atomi idrogenoidi ed a molti elettroni

**Interazione di un atomo con la radiazione elettromagnetica:** 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. Interazione radiazione materia non risonante. Effetto fotoelettrico. Assorbimento ed emissione di raggi X: fluorescenza. Principi di funzionamento del LASER

**Molecole:** Proprietà delle molecole: Approssimazione di Born-Hoppenheimer. Calcolo degli stati elettronici della molecola di idrogeno in approssimazione di Born-Hoppenheimer. 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.

**Cenni su alcune proprietà dei solidi:** Elettroni in un potenziale periodico unidimensionale: stati di Bloch. Metalli ed isolanti di banda. Cenni di trasporto nei metalli (tempo di rilassamento). Modi di deformazione collettivi (fononi) in una catena lineare di atomi e proprietà statistiche: contributo fononico al calore specifico

**Contents:**

**Many-Electron atoms:** Identical particles: exchange symmetry. He atom: ground and excited states. Self-consistent Hartree-Fock approach. Beyond the mean-field: multiplets. Relativistic and magnetic corrections. **Interaction of an Atom with Radiation:** Semiclassical 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 fluorescences and elemental analysis. LASER principles.

**Molecules:** Born-Hoppenheimer 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.

**Elementary introduction to solids:** Periodic potential and Bloch states. Metals and band insulators. Semiclassical approach to electron transport in simple metals (relaxation time). Normal modes of simple lattices: phonons. Phonon and electron contributions to specific heat.

**Esami propedeutici:** Elettromagnetismo e Ottica

**Prerequisiti:**

- 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.

- padroneggiare i contenuti del corso di Fisica Moderna, in particolare la sezione di meccanica statistica: distribuzione classica e distribuzioni quantistiche.

**Modalità di accertamento del profitto:** Esame scritto e/o orale.

**Insegnamento: ELEMENTI DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE/ ELEMENTS OF NUCLEAR AND SUBNUCLEAR PHYSICS**

**Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/04

**CFU:** 8

**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:**

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, dirette e di nucleo composto; risonanze. Fissione spontanea e fissione indotta. Fusione termonucleare. Nucleosintesi ed evoluzione stellare.

Le particelle elementari. Acceleratori di particelle. Rivelatori. Equazione di Klein-Gordon, equazione di Dirac. Antiparticelle. I raggi cosmici. Simmetrie e leggi di conservazione; parità, coniugazione di carica, inversione temporale. Conservazione dei numeri quantici. Diagrammi di Feynman. Interazione elettromagnetica e QED (elettrodinamica quantistica). Interazione forte e QCD (cromodinamica quantistica): conservazione di barioni; isospin, risonanze barioniche e risonanze mesoniche, stranezza ed ipercarica. Modello a quark. Interazione debole. Unificazione elettrodebole. Il modello standard di Glashow-Weinberg-Salam. Il bosone di Higgs. Problemi aperti del modello standard.

**Contents:**

The atomic nucleus. The Rutherford's cross section. Nuclear sizes. Mass and binding energy. Parity. Nuclear models: the liquid drop, the Fermi's gas, the shell model. The laws of radioactive decays.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  radioactivity. The nuclear force. Direct and compound nuclear reactions. Resonances. Spontaneous and induced fissions. Thermonuclear fusion. Nucleosynthesis and stellar evolution. The elementary particles. Particle accelerators. Detectors. The Klein-Gordon equation. The Dirac equation. Antiparticles. The cosmic rays. Symmetries and conservation laws: parity, charge conjugation and time reversal. Conservation of quantum numbers. Feynmann diagrams. Electromagnetic interaction and QED. Strong interaction and QCD. Baryon number conservation. Isospin. Baryonic and mesonic resonances. Strangeness and hypercharge. The quark model. The weak interaction and electroweak unification. The Standard Model of Glashow-Weinberg-Salam. The Higgs boson. Open problems in the Standard Model

**Esami propedeutici:** Elettromagnetismo e Ottica

**Prerequisiti:**

- padroneggiare i contenuti del corso di Fisica Moderna, in particolare la sezione di relatività ristretta (trasformazioni di Lorentz e relazioni energia-impulso-massa);
- concetti generali di struttura atomica e chimica generale;
- padroneggiare i contenuti del corso di Istituzioni di Meccanica quantistica, in particolare: 1) equazione di Schrodinger e sue applicazioni (buca di potenziale, effetto tunnel, oscillatore armonico, potenziale centrale); 2) momento angolare (armoniche sferiche, atomi idrogenoidi); 3) diffusione da potenziale (sviluppo in onde parziali, diffusione risonante, regola di Fermi)

**Modalità di accertamento del profitto:** Esame scritto e/o orale.

<b>Insegnamento: FISICA MODERNA / MODERN PHYSICS</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b> Caratterizzante	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<p><b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b></p> <p>1) Il corso fornirà allo studente competenze sulla fenomenologia che ha stimolato l'introduzione della fisica moderna.</p> <p>2) Il corso affronta fenomeni relativistici, teoria statistica, e spiegazioni semiclassiche di fenomeni quantistici. Al termine lo studente dovrà conoscere proprietà e formalismo elementari di cinematica relativistica, fisica statistica, e fisica quantistica semiclassica, e aver sviluppato le capacità necessarie per applicare tali concetti alla risoluzione di problemi.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b></p> <p><i>Introduzione fenomenologica alla meccanica quantistica:</i>  Il problema del corpo nero. L'effetto fotoelettrico. Il calore specifico dei solidi. L'atomo di Rutherford e Bohr. Esperimento di Davisson e Germer.</p> <p><i>Elementi di relatività ristretta:</i>  Esperimento di Michelson e Morley. Postulati di Einstein. Trasformazioni di Lorentz e delle velocità. Invarianti relativistici e quadrivettori. Quadrivettore posizione spazio-temporale. Preservazione della causalità. Momento lineare. Forze, lavoro, energia. Urti relativistici. Effetto Compton. Densità di corrente e potenziale. Formulazione relativistica dell'elettrodinamica. Massa inerziale e massa gravitazionale. Principio di equivalenza.</p> <p><i>Fisica statistica e introduzione alla meccanica statistica:</i>  Teoria cinetica dei gas. Metodo combinatorio per l'enumerazione degli stati. Statistiche di Maxwell-Boltzmann, Bose-Einstein, Fermi-Dirac. Gas perfetti. Equipartizione dell'energia. Teoria di Drude. Teoria della polarizzazione per orientamento. Paramagneti. Principi della meccanica statistica. Insieme micro canonico. Insieme canonico e funzione di partizione</p>	
<p><b>Contents:</b></p> <p><i>A phenomenologic introduction to quantum mechanics:</i>  Black body problem. Photoelectric effect. Specific heat of solids. Rutherford and Bohr atomic models. Davisson and Germer experiment.</p> <p><i>Introduction to special relativity:</i>  The Michelson and Morley experiment. Einstein postulates. Lorentz transformations. Speed transformations. Relativistic invariants and four-vectors. Space-time position four-vector. Causality preservation. Linear momentum. Forces, work, energy. Relativistic collisions. Compton effect. Current density and potential. Relativistic formulation of the electrodynamics. Inertial mass and gravitational mass. Equivalence principle.</p> <p><i>Statistical physics and introduction to statistical mechanics:</i>  Kinetic theory of gases. Combinatorial method for counting the states. Statistics of Maxwell-Boltzmann, Bose-Einstein, Fermi-Dirac. Perfect gases. Energy equipartition. Drude's theory. Theory of polarization by orientation. Paramagnetic materials. Principles of statistical mechanics. Microcanonical ensemble. Canonical ensemble and partition function.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b> Elettromagnetismo e Ottica	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento:</b> ISTITUZIONI DI MECCANICA QUANTISTICA / PRINCIPLES OF QUANTUM MECHANICS	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 12
<b>Tipologia attività formativa:</b> Caratterizzante	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b> 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*: 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*: Stern–Gerlach experiment and electron spin; wave functions with spin; addition of angular momenta.
- *Symmetries in quantum mechanics*: meaning of symmetry; transformations of frames and corresponding quantum symmetries; rototranslations; time translation; spatial reflection; time reversal.
- *Perturbation theory*: approximation of eigenvalues and eigenvectors of Hamiltonian operator; Stark and Zeeman effects; Time-dependent formalism.

**Esami propedeutici:** Elettromagnetismo e Ottica

**Prerequisiti:** padroneggiare i contenuti del corso di Geometria in particolare l'algebra delle matrici; i contenuti del corso di Meccanica Analitica; 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 ed orale.

**Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA 3 / P[PHYSICS LABORATORY COURSE 3****Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/01**CFU:** 10**Tipologia attività formativa:**  
Caratterizzante**Durata del corso:** annuale**Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:**

Il corso intende fornire agli studenti le conoscenze relative ai dispositivi elettronici a semiconduttore ed ai circuiti di base della elettronica analogica e digitale ed inoltre la conoscenza dei processi d'interazione di particelle cariche e radiazione con la materia.

L'attività di laboratorio svilupperà le capacità applicative dello studente nel realizzare, analizzare e fare funzionare circuiti elettronici e digitali, accrescendo la sua capacità di apprendimento e il grado di autonomia nell'operare e nella valutazione dei risultati delle esperienze effettuate.

**Objectives:**

The course provides basic understanding of semiconductor electronics systems, knowledge of basic analog and digital circuits, description of interaction of radiation with matter and principles and properties of radiation detectors.

Laboratory activities will help developing student's skills in realizing, analysing and operating electronics circuits, increasing learning ability, will increase the degree of autonomy in solving problems.

**Programma sintetico:****Parte 1: Dispositivi a semiconduttore (2.5 CFU)**

Cenni sulle caratteristiche dei semiconduttori. Diodo a giunzione. Diodo come elemento circuitale. Transistor a semiconduttore. Caratteristiche di ingresso e di uscita. Circuito di polarizzazione fissa e di autopolarizzazione. Modelli lineari del transistor. Amplificatore CE e CC. Risposta in frequenza degli amplificatori. Transistor come interruttore.

**Parte 2: Circuiti digitali (2.5 CFU)**

Sistema di numerazione binario. Funzioni logiche fondamentali: OR, AND, NOT. Relazioni di algebra booleana e leggi di De Morgan. Porta NAND in logica TTL. Sommatore digitale. Comparatore digitale. Decodificatori. Codificatori. Multiplexer e Demultiplexer. ROM. Flip-flop SR, JK, JK master-slave, D e T. Registri. RAM. Scale di conteggio asincrone.

**Parte 3: Amplificatori operazionali. (2.5 CFU)**

Amplificatore differenziale. Amplificatore operazionale. Applicazioni lineari e non lineari degli operazionali. Convertitore digitale-analogico ed analogico-digitale. J-FET, MOSFET. Principio di funzionamento, caratteristiche. Applicazioni.

**Parte 4: Interazione Radiazione-materia ed introduzione ai rivelatori (2.5 CFU)**

Processi d'interazione di particelle e radiazioni con la materia. Cenni sui rivelatori di particelle e radiazione.

**Contents:**

Semiconductors. The Ideal Diode. Terminal characteristics of Junction Diodes.

Bipolar Junction Transistors. Current-Voltage characteristics. The BJT as an amplifier and as a switch. Biasing in BJT amplifier circuits. Small signals operation and models. Single stage BJT amplifiers: CE and CC. Frequency response of BJT amplifiers.

Binary system. Basic logic functions: OR, AND, NOT. Boolean Algebra and De Morgan relations. Logic-gates NAND circuit.

Digital adder. Digital comparator. Decoder. Encoder. Multiplexer. Demultiplexer. Flip-flop SR, JK, JK master-slave, D and T types. Shift registers. Asynchronous counter.

Differential amplifier. Operational amplifier. Linear and non linear applications of the Operational amplifier. DAC. ADC.

J-FET, MOSFET. Principles and characteristics. Applications.

Interaction of radiation with matter. Principles of radiation detectors.

**Esami propedeutici:** Laboratorio di Fisica 2.

**Prerequisiti:**

- padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica;

**Modalità di accertamento del profitto:** Esame orale e prova pratica.

<b>Insegnamento: COMPLEMENTI DI FISICA / COMPLEMENTS OF PHYSICS</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 6
<b>Tipologia attività formativa:</b> A Scelta	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<p><b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b></p> <p>1) Il corso fornirà approfondimenti di conoscenze e di competenze sulle osservazioni sperimentali e sulla fenomenologia nell'ambito della fisica classica.</p> <p>2) Il corso affronterà argomenti di meccanica, termodinamica, elettromagnetismo cercando di evidenziare al massimo le analogie per inquadrarli in una visione unitaria e complementare. La trattazione è svolta a livello sufficientemente avanzato da sfruttare al massimo le conoscenze matematiche acquisite nei corsi precedenti.</p> <p>Al termine lo studente avrà ampliato il suo bagaglio di conoscenze di fisica generale e avrà sviluppato le capacità necessarie per affrontare e impostare un problema generico di fisica classica.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b></p> <p>Leggi di conservazione. Moti rotatori di sistemi rigidi. Moti pendolari. Oscillazioni: libere, smorzate e accoppiate. Oscillazioni forzate e risonanza. Onde meccaniche nei mezzi materiali. Analogie elettromeccaniche. Elementi di fisica del continuo. Elasticità. Fluidi e loro proprietà. Statica e dinamica dei fluidi. Effetti termici sulla meccanica dei fluidi. Macchine termiche e Secondo principio della termodinamica. Interpretazione microscopica della termodinamica. Teoria cinetica. Reversibilità microscopica e irreversibilità macroscopica. Interpretazione probabilistica del Secondo Principio.</p>	
<p><b>Contents:</b></p> <p>Conservation laws. Rotational motions of rigid bodies. Pendulum motions. Oscillations: free, damped and coupled. Forced oscillations and resonance. Mechanical waves in materials. Electromechanical analogies. Continuum physics. Elasticity. Fluids and their properties. Statics and dynamics of fluids. Thermal effects on mechanics of fluids. Thermal machines and the Second Law of thermodynamics. Microscopic interpretation of thermodynamics. Kinetic theory. Microscopic reversibility and macroscopic irreversibility. Probabilistic interpretation of the Second Law.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<p><b>Prerequisiti:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica;</li> <li>- padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica</li> </ul>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o scritto.	

**Insegnamento: ELEMENTI DI ASTROFISICA / ELEMENTS OF ASTROPHYSICS**

**Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/05

**CFU:** 6

**Tipologia attività formativa:**  
A Scelta

**Durata del corso:** semestrale

**Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:**

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.

**Goals and expected results:**

The main goal of the course is to show how the simple notions of physics acquired during the first two years of the physics curriculum can be applied in the highly interdisciplinary context of astrophysics. Furthermore, the course aims at providing the students with an introductory knowledge of the celestial phenomenology and to use it to stimulate a critical appraisal of the foundations of our knowledge of the Cosmos.

**Programma sintetico:**

Il corso prevede lezioni frontali.

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.

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.

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.

La formazione delle righe spettrali, classificazione spettrale delle stelle. Il diagramma di Hertzsprung-Russell; la relazione massa luminosità.

Elementi di evoluzione stellare: equazioni di struttura e modelli politropici. Fonti di energia stellare.

**Contents:**

The course is structured in lectures.

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.

Elements of photometry: magnitudes and color indexes. Proper motions and classical Doppler effect. The cosmic distance scale.

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.

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.

Formation of spectral lines and spectral classification of stars. The H-R diagram and the mass-luminosity relation. Color- magnitude diagrams.

Elements of stellar evolution: equations of structure and polytropic models. Sources of stellar Energy.

**Esami propedeutici:** Fisica 1, analisi 1

**Prerequisiti:**

- padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica;
- padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica

**Modalità di accertamento del profitto:** Esame orale.

<b>Insegnamento: ELEMENTI DI BIOFISICA /ELEMENTS OF BIOPHYSICS</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07</b>	<b>CFU: 6</b>
<b>Tipologia attività formativa:</b> A Scelta	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b> 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	
<b>Programma sintetico:</b> 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).	
<b>Contents:</b> 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)	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - padroneggiare i contenuti del corso di Chimica;	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.	

<b>Insegnamento: ELEMENTI DI GEOFISICA / ELEMENTS OF GEOPHYSICS</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/06	<b>CFU:</b> 6
<b>Tipologia attività formativa:</b> a scelta	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<p><b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b>  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. 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>	
<p><b>Programma sintetico:</b>  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>	
<p><b>Contents:</b>  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>	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<p><b>Prerequisiti:</b>  - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica;  - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica;</p>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o scritto.	

**Insegnamento: ELEMENTI di RELATIVITA' E COSMOLOGIA / ELEMENTS OF RELATIVITY AND COSMOLOGY**

**Settori Scientifico - Disciplinari:** FIS/05 - FIS/02 - MAT/07 | **CFU:** 6

**Tipologia attività formativa:** Laurea Triennale in Fisica e in Matematica

**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.

**Programma Sintetico:**

*Parte I (Meccanica Celeste, 2 CFU):* 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.

*Parte II (Gravitazione e Relatività, 2 CFU):* 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.

*Parte III (Cosmologia, 2 CFU):* 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.

**Contents:**

*Part I (Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, 2 CFU):*

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.

*Part II (Gravitation and Relativity, 2 CFU):* 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.

*Part III (Cosmology, 2 CFUs):* 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.

**Prerequisiti:**

- 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.

<b>Insegnamento: FISICA APPLICATA / APPLIED PHYSICS</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/07	<b>CFU:</b> 6
<b>Tipologia attività formativa:</b> A Scelta	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b> Fornire adeguate competenze nell'applicazione di metodologie fisiche. Alla fine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze e competenze almeno in un ambito delle applicazioni tecnologiche della fisica.	
<b>Programma sintetico:</b> Sensori e Rivelatori. Cenni d'interazione radiazione materia. Rivelatori ed elettronica associata. Circuiti per segnali da rivelatori. Dosimetria. Micro- e Opto-elettronica. Argomenti specifici da concordare.	
<b>Contents:</b> Sensors and detectors. Introduction to interaction between radiation and matter. Detectors and associated electronics. Circuits for signals from detectors. Dosimetry. Micro- and Opto- electronics. Specific arguments to be decided.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica;	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o scritto.	

<b>Insegnamento: OTTICA / OPTICS</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 6
<b>Tipologia attività formativa:</b> A Scelta	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<p><b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b>  Il corso si propone di fornire gli elementi per la conoscenza e capacità di comprensione dei fenomeni fisici alla base dei processi di interazione della radiazione con la materia, dell'ottica ondulatoria e geometrica, dei principi di funzionamento del laser e degli strumenti ottici, sviluppando le capacità applicative dello studente.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>  Ottica gaussiana al primo ordine e lenti sottili. Sistemi ottici. Invariante di Lagrange. Il metodo della matrice di trasferimento. Sistemi ottici periodici. Cavità risonanti. Condizioni di stabilità.  Principi di ottica delle particelle cariche, Equazione fondamentale dell'ottica delle particelle cariche. Applicazioni.  Fondamenti di teoria della propagazione delle onde elettromagnetiche. Effetto Doppler. Indice di rifrazione complesso.  La natura vettoriale della luce. Rappresentazione matriciale della polarizzazione, matrici di Jones.  Propagazione della luce nei cristalli, Birifrangenza. Dicroismo. Attività ottica.  Modelli classici della emissione: radiazione termica, corpo nero. Teoria di Planck, Fotoni  Interazione radiazione-materia. Assorbimento. Indice di rifrazione complesso.  Fotoni. Emissione ed assorbimento stimolati. Emissione spontanea. Inversione di popolazione e pompaggio ottico. Emissione laser. Curva di guadagno. Equazioni di bilancio.  Interferenza. Interferometri. Interferometro a trasformata di Fourier. Interferenza di onde multiple. Interferometro di Fabry Perot.  Coerenza. Coerenza parziale, Risoluzione spettrale di un treno d'onda finito. Coerenza spaziale.  Diffrazione. Teorema di Green e formula di Fresnel-Kirchhoff. Reticoli di diffrazione. Introduzione ai reticoli tridimensionali. Olografia, principi ed applicazioni  Principi di funzionamento delle fibre ottiche e loro applicazioni.  Introduzione ai fenomeni ottici non lineari</p> <p><b>Contents:</b>  First order Gaussian optics and thin lenses- Optical systems. Lagrange invariant. The transfer matrix method. Periodical optical systems. Resonant cavities. Stability conditions.  Principles of charged particles optics, Basic equation of charged particles optics. Applications.  The basis of the theory of electromagnetic waves propagation. Doppler effect. Complex refractive index.  The vectorial nature of light. Matrix representation of polarization. The Jones matrices.  Light propagation in crystals. Birefringence. Dichroism. Optical activity.  Classical model of emission: thermal radiation, black body. Planck's theory, Photons.  Radiation-matter interaction. Absorption and stimulated emission. Spontaneous emission. Population inversion and optical pumping. Laser emission. Gain curve. Rate Equations.  Interference. Interferometers. Fourier transform interferometer. Multiple wave interference. Fabry Perot Interferometer.  Coherence. Partial coherence, spectral resolution of a finite wave train. Spatial coherence.  Diffraction. Green theorem and Fresnel-Kirchhoff formula. Diffraction gratings. Introduction to the three-dimensional gratings. Holography, principles and applications  Principles of optical fibers and their applications.  Introduction to nonlinear optics</p>	
<b>Esami propedeutici:</b>	

**Prerequisiti:**

- padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica;
- padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica;

**Modalità di accertamento del profitto:** Esame orale.

**Insegnamento: PREPARAZIONI DI ESPERIENZE DIDATTICHE / PREPARATION OF DIDACTIC EXPERIMENTS**

<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/08		<b>CFU:</b> 6
<b>Tipologia attività formativa:</b> A Scelta	<b>Durata del corso:</b> semestrale	
<b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b> Il corso intende principalmente fornire una panoramica generale dei risultati in ricerca in didattica della fisica con particolare enfasi sulle strategie di ragionamento degli studenti di scuola secondaria superiore. A tale riguardo, si presentano alcuni approcci didattici (esperimenti in tempo reale, inquiry, didattica delle scienze integrata, fisica in contesto), finalizzati a migliorare la comprensione concettuale di alcune idee chiave della fisica. Inoltre si intende familiarizzare gli studenti con possibili esperimenti da condurre in ambito scolastico per superare le difficoltà di apprendimento che emergono dalla ricerca in didattica. Infine, si presenteranno esempi di materiali didattici da implementare in classe o in attività extracurricolari. Al termine dell'insegnamento lo studente dovrà saper redigere un portfolio delle attività seguite, mettendo l'accento sulle somiglianze/differenze con i contenuti e le metodologie presenti nelle Indicazioni Nazionali dei Licei e nella pratica scolastica. Inoltre, dovrà essere in grado di progettare un'esperienza da realizzare in una classe, corredata da opportuna scheda studente e guida docente.		
<b>Programma sintetico:</b> (i) risultati principali di ricerca in didattica della fisica; (ii) nodi concettuali nella cinematica unidimensionale; (iii) idee degli studenti su forza e moto; (iv) nodi concettuali in termologia; (v) nodi concettuali nella propagazione ondulatoria e misure di spettri di onde meccaniche e onde elettromagnetiche; (vi) nodi concettuali su circuiti in corrente continua; (vii) misure emblematiche e proposte didattiche per l'insegnamento della fisica moderna nei licei		
<b>Contents:</b> (i) introduction to physics education research: methods and findings; (ii) common learning difficulties in one-dimensional kinematics; (iii) students' ideas and models about motion and force; (iv) common learning difficulties about heat and temperature; (v) students' conceptual knowledge about wave propagation and spectra; (vi) students' reasoning strategies about electrical circuits; (vii) teaching proposals about modern physics for secondary school		
<b>Esami propedeutici:</b> Meccanica e Termodinamica, Elettromagnetismo e Ottica;		
<b>Prerequisiti:</b> - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica;		
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> prova di laboratorio e colloquio orale		

<b>Insegnamento: STORIA DELLA FISICA / HISTORY OF PHYSICS</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/08	<b>CFU:</b> 6
<b>Tipologia attività formativa:</b> A Scelta	<b>Durata del corso:</b> semestrale
<p><b>Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:</b>  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.  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.  Le <b>competenze</b> 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>	
<p><b>Programma sintetico:</b>  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.  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.  Particolare risalto è dato alla storia del concetto di Etere e Campo, e ai lavori di Aepinus, Coulomb, Poisson, Ampère, Faraday, Maxwell e Lorentz.  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>	
<p><b>Contents:</b>  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.  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.  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.  Each lecture lasts two hours, or four hours in particular cases. The teaching methodology:  Historical-critical reconstruction of theoretical and experimental aspects, even through reading and commenting of original texts or important papers of historians of Physics.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<p><b>Prerequisiti:</b>  - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica;  - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica;  - conoscere i principali contenuti del corso di Fisica Moderna.</p>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.	

