



**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 2016/2017**

Napoli, settembre 2016

## **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 + 2 attività a scelta

n° anni: 3

<i>Periodo di attività</i>	<b>Insegnamento</b>	<b>Credi ti lezio ne</b>	<b>Crediti Laborato rio</b>
<b>I anno - 1° semestre</b> 📖	Analisi Matematica 1	<b>12</b>	
	Geometria	<b>9</b>	
	Meccanica e Termodinamica ( <i>parte 1</i> )	<b>4</b>	
	Laboratorio di Fisica 1 ( <i>parte 1</i> )	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>I anno - 2° semestre</b> 📖	Chimica	<b>8</b>	
	Meccanica e Termodinamica ( <i>parte 2</i> )	<b>10</b>	
	Laboratorio di Fisica 1 ( <i>parte 2</i> )	<b>2,5</b>	<b>3,5</b>
	Lingua Inglese	<b>4</b>	
<b>II anno - 1° semestre</b> 📖	Analisi Matematica 2	<b>10</b>	
	Elettromagnetismo e Ottica	<b>12</b>	
	Informatica	<b>6</b>	
	Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 1</i> )	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>
<b>II anno - 2° semestre</b> 📖	Metodi Matematici della Fisica	<b>10</b>	
	Meccanica Analitica	<b>8</b>	
	Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 2</i> )	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>
	Corso a scelta dello studente	<b>6</b>	
	Altre attività (art. 10, 5d)	<b>3</b>	
<b>III anno - 1° semestre</b> 📖	Istituzioni di Meccanica Quantistica	<b>12</b>	
	Fisica Moderna	<b>8</b>	
	Laboratorio di Fisica 3 ( <i>parte 1</i> )	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>III anno - 2° semestre</b> 📖	Laboratorio di Fisica 3 ( <i>parte 2</i> )	<b>3</b>	<b>2</b>
	Elementi di Fisica della Materia	<b>8</b>	
	Elementi di Fisica Nucleare e Subnucleare	<b>8</b>	
	Corso a scelta dello studente	<b>6</b>	
<b>Attività finali</b> 📖		<b>6</b>	

**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.

## 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/didattica>) in cui c'è una pagina dedicata agli orari dei corsi.

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>SF</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>BSF</b>	<b>Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale</b>
<b>SB</b>	<b>Dipartimento di Scienze Biologiche</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 Scienze Fisiche e in seconda istanza presso il Dipartimento indicato a fianco dell'insegnamento. In mancanza di indicazione si sottintende che il Dipartimento è SF.

### CORSO DI LAUREA IN FISICA, CODICE N85

Insegnamento	Gruppi	Docente	Dip./Sez.	Anno/semestre
Analisi Matematica 1	1	Brandolini B.	MA	I/1°
Analisi Matematica 1	2	Ferone V.	SF	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.	SF	I/1°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo B (parte 1)</i>	1	Piedipalumbo E.	SF	I/1°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo A (parte 1)</i>	2	Ambrosino F.	SF	I/1°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo B (parte 1)</i>	2	Festa G.	SF	I/1°
Laboratorio di Fisica 1 <i>(parte 1)</i>	1	Palladino V.	SF	I/1°
Laboratorio di Fisica 1 <i>(parte 1)</i>	2	Canale V.	SF	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.	SF	I/2°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo B (parte 2)</i>	1	Piedipalumbo E.	SF	I/2°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo A (parte 2)</i>	2	Ambrosino F.	SF	I/2°
Meccanica e Termodinamica <i>modulo B (parte 2)</i>	2	Festa G.	SF	I/2°
Laboratorio di Fisica 1 <i>(parte 2)</i>	1	Palladino V.	SF	I/2°
Laboratorio di Fisica 1 <i>(parte 2)</i>	2	Canale V.	SF	I/2°
Chimica		Pirozzi B.	CH	I/2°

Insegnamento	Gruppi	Docente	Dip./Sez.	Anno/semestre
Analisi Matematica 2	1	Nitsch C.	MA	II/1°
Analisi Matematica 2	2	Trombetti G.	SF	II/1°
Elettromagnetismo e Ottica	1	De Lellis G.	SF	II/1°
Elettromagnetismo e Ottica	2	Marrucci L.	SF	II/1°
Informatica	1	De Nardo G.	SF	II/1°
Informatica	2	Acampora G.	SF	II/1°
Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 1</i> )	1	Maddalena P.	SF	II/1°
Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 1</i> )	2	De Lisio C.	SF	II/1°
Metodi Matematici della Fisica (2 anno)		Figari R.	SF	II/2°
Meccanica Analitica		Marasco D.	MA	II/2°
Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 2</i> )	1	Maddalena P.	SF	II/2°
Laboratorio di Fisica 2 ( <i>parte 2</i> )	2	De Lisio C.	SF	II/2°
Elementi di Astrofisica		Longo G.	SF	II/2°
Elementi di Biofisica		Manti L.	SF	II/2°
Elementi di Geofisica		Russo G. jr	SF	II/2°
Ottica		Spinelli N.	SF	II/2°
Altre Attività				
Istituzioni di Meccanica Quantistica	1	Rosa L.	SF	III/1°
Laboratorio di Fisica 3 mod. A	1	Fiorillo G.	SF	III/1°
Laboratorio di Fisica 3 mod. A	2	Alvigi M.G.	SF	III/1°
Laboratorio di Fisica 3 mod. B	1	Fiorillo G.	SF	III/2°
Laboratorio di Fisica 3 mod. B	2	Guarino F.	SF	III/2°
Metodi Matematici della Fisica (3 anno)	2	Lizzi F.	SF	III/1°
Elementi di Fisica della Materia		Cataudella V.	SF	III/2°
Elementi di Fisica Nucleare e Subnucleare		Merola L.	SF	III/2°
Preparazione di Esperienze Didattiche		Testa I.	SF	III/2°
Storia della Fisica		Ventriglia F.	SF	III/2°

**Nota:** Alcuni corsi si estendono sull'intero anno: ne viene indicata come *parte 1* il periodo di attività nel primo semestre e come *parte 2* il periodo di attività nel secondo semestre; l'esame è unico e ha luogo dopo il termine delle attività didattiche del secondo semestre. 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. Il corso di Metodi Matematici della Fisica viene tenuto al primo semestre per gli studenti del terzo anno e al secondo semestre per gli studenti del secondo anno del Regolamento 2015-2016

### **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 di matricola pari sono assegnati al gruppo 1, mentre gli studenti aventi numero di matricola dispari 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 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.

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 Scienze Fisiche, 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 <http://www.scuolapsb.unina.it/>
- la pagina dell'**ORIENTAMENTO** della Scuola Politecnica e della Scienze di Base <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/didattica>)

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.

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

Esiste un servizio di prenotazione on line che può essere usato collegandosi ai siti web dei singoli docenti. Attualmente non è stato ancora attivato da tutti i docenti. Pertanto le prenotazioni per gli esami dovranno essere effettuate secondo le modalità comunicate dai singoli docenti.

### **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. 2016/2017**

	<b>Inizio</b>	<b>Termine</b>
<b>1° periodo didattico</b>	20 settembre 2016	20 gennaio 2017
<b>1° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup>	23 gennaio 2017	03 marzo 2017
<b>2° periodo didattico</b>	27 febbraio 2017	16 giugno 2017
<b>2° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup>	19 giugno 2017	31 luglio 2017
<b>3° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup>	01 settembre 2017	29 settembre 2017

(a): per allievi in corso, per gli studenti fuori corso o dal secondo semestre del terzo anno esistono degli appelli nei mesi di 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@na.infn.it

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

## **Brevi note sui corsi** *(in ordine alfabetico)*

<b>Insegnamento: ANALISI MATEMATICA 1</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> MAT/05	<b>CFU:</b> 12
<b>Tipologia attività formativa:</b> Base	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</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>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

<b>Insegnamento: ANALISI MATEMATICA 2</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplina:</b> MAT/05	<b>CFU:</b> 10
<b>Tipologia attività formativa:</b> Base	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi :</b></p> <p>1) Il corso intende fornire allo studente gli strumenti atti a sviluppare la capacità di comprensione della struttura matematica dei problemi legati alla fisica e la capacità di analisi degli stessi attraverso un rigoroso apprendimento dei metodi matematici, indirizzato a far acquisire allo studente conoscenze e competenze matematiche ed a far sviluppare capacità applicative.</p> <p>2) Il corso affronta problemi di ottimizzazione mediante l'uso del calcolo differenziale in più variabili, modellizzazioni mediante l'uso della teoria delle equazioni differenziali ordinarie, approssimazione di funzioni mediante serie di potenze ed infine affronta vari problemi di tipo geometrico e meccanico legati al calcolo integrale di più variabili. Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di aver fatte proprie le tematiche affrontate, mediante un uso corretto del metodo logico deduttivo, e di avere sviluppato capacità applicative risolvendo problemi legati agli argomenti trattati.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b></p> <p>Calcolo differenziale per funzioni di più variabili Elementi di topologia nello spazio vettoriale <math>\mathbf{R}^n</math>, limiti e continuità. Derivate parziali, gradiente, differenziabilità, derivabilità di funzioni composte, derivate direzionali, massimi e minimi per funzioni di due variabili.</p> <p>Integrazione secondo Riemann in <math>\mathbf{R}^n</math>. Insiemi di <math>\mathbf{R}^n</math> misurabili secondo Peano-Jordan, integrale secondo Riemann di una funzione reale limitata, formule di riduzione, cambiamento di variabili, sommabilità.</p> <p>Successioni e serie di funzioni. Convergenza puntuale e uniforme, passaggio al limite sotto il segno di integrale e di derivata, serie di funzioni, serie di potenze, raggio di convergenza, sviluppabilità in serie di Taylor di una funzione, serie di Taylor notevoli.</p> <p>Equazioni differenziali Equazioni differenziali in forma normale e problema di Cauchy, teoremi di esistenza e unicità locale e globale, equazioni differenziali lineari e integrale generale, metodo della variazione delle costanti.</p> <p>Integrali curvilinei e forme differenziali lineari Curve regolari e regolari a tratti, lunghezza di una curva, ascissa curvilinea, integrale curvilineo di una funzione continua, integrale curvilineo di una forma differenziale, forme differenziali esatte, formule di Gauss-Green.</p> <p>Superfici e integrali di superficie. Superfici regolari, area di una superficie regolare e integrale di superficie, teorema della divergenza e formula di Stokes.</p> <p>Funzioni implicite Funzioni implicite reali e teorema del Dini, massimi e minimi vincolati.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b> Analisi Matematica 1	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

<b>Insegnamento: CHIMICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> CHIM/03	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b> Base	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</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. La Natura del Legame Ionico. I Metalli. Le Strutture dei Composti Ionici. Il Modello Strutturale dello Stato Gassoso. Termodinamica chimico-fisica. Reazioni Elettrochimica. Gli Aspetti Termodinamici delle Transizioni di Stato e la Trasformazione Liquido-Gas – La Transizione Solido-Gas – La Transizione Solido-Liquido – Entalpie di Vaporizzazione, Sublimazione e Fusione e Proprietà Strutturali – Diagrammi di Stato a un Componente.-Le Soluzioni – La Dissoluzione di un Soluti in un Solvente – La Solubilità – Le Soluzioni Ideali e le Proprietà Colligative.- Significato Quantitativo delle Formule – Il Numero di Ossidazione – Reazioni Chimiche.- I Principali Composti Organici. L’Aspetto Fenomenologico dell’Equilibrio – Gli Effetti di Perturbazioni Esterne sullo Stato di Equilibrio di una Reazione. Il Principio di Le Chatelier-Braun. Gli Equilibri Acido-Base in Soluzione Acquosa – Applicazioni degli Equilibri Acido-Base – La Soluzione Tampone. Il Prodotto di Solubilità – Effetto dello Ione a Comune. Le Pile – I Potenziali di Elettrodo – La Pila e L’equilibrio Chimico.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

<b>Insegnamento: COMPLEMENTI DI FISICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 6
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire ulteriori conoscenze e competenze nell’ambito della fisica classica e/o moderna.	
<b>Programma sintetico:</b> Onde nei mezzi materiali. Elementi di fisica dei fluidi. Elementi di fisica del continuo.	
<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.	

**Insegnamento: ELEMENTI DI ASTROFISICA**

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

**CFU:** 6

**Tipologia attività formativa:**

**Altro (specificare):**

**Obiettivi formativi:**

Il corso intende, principalmente, fornire la capacità di applicare concetti e competenze, in parte già acquisiti dallo studente nel corso di studi, in un contesto completamente nuovo e caratterizzato da linguaggi e metodologie che risentono della stratificazione di circa 5000 anni di osservazioni ed elaborazioni. Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito le conoscenze di base sulle grandezze fisiche principali relative ai fenomeni astronomici ed ai metodi che portano alla loro determinazione.

**Programma sintetico:**

Il corso prevede l'alternanza di lezioni frontali ed esercitazioni pratiche in aula utilizzando immagini originali e spettri di oggetti celesti.

Sistemi di coordinate celesti, la misura del tempo. Moti apparenti degli astri.

Misura delle distanze all'interno del sistema solare; parallassi diurne.

La legge di gravitazione universale, il problema dei due corpi e leggi di Keplero. Moti e masse nel sistema solare. Pianeti e corpi minori del sistema solare.

Parallassi annue. Distanza delle stelle.

Emissione di Corpo Nero e sue leggi. Emissione di oggetti celesti nei differenti domini spettrali. La temperatura dei pianeti; albedo ed effetto serra. Sistemi fotometrici fondamentali. Magnitudini fotometriche, magnitudini bolometriche, indici di colore. Gli spettri stellari. Effetto Doppler, misure di velocità radiale. Moti propri.

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

Elementi di evoluzione stellare, diagrammi temperatura-luminosità degli ammassi di stelle e loro età.

Elementi di cosmologia.

**Esami propedeutici:**

**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 e/o esame scritto.

**Insegnamento: ELEMENTI DI BIOFISICA**

**Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07**

**CFU: 6**

**Tipologia attività formativa:**

**Altro (specificare):**

**Obiettivi formativi:**

Il corso intende fornire allo studente capacità di comprensione e conoscenze di base concernenti la biofisica

molecolare e cellulare, le tecniche fisiche di imaging medico e quelle per la radioterapia dei tumori con fasci esterni, allo scopo di fargli acquisire competenze teoriche e operative nell'ambito delle applicazioni relative a queste discipline.

**Programma sintetico:**

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. Organizzazione e tessuto-specificità di procarioti ed eucarioti. Metodologie per la preparazione e la caratterizzazione biofisica di virus e singole cellule, il loro frazionamento e l'analisi delle loro molecole e strutture. Cenni sui parametri biofisici caratterizzanti gli effetti biologici delle radiazioni e sui relativi modelli biofisici.

Basi fisiche dell'imaging radiografico analogico e digitale. Introduzione alla tecnica di tomografia assiale computerizzata a raggi X (TAC). Introduzione all'imaging medico nucleare con traccianti radioattivi: scintigrafia e tomografia ad emissione di tipo SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) e PET (Positron Emission Tomography). Basi fisiche della radioterapia dei tumori mediante fasci esterni prodotti da acceleratori medicali.

**Esami propedeutici:**

**Prerequisiti:**

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

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

**Insegnamento: ELEMENTI DI FISICA DELLA MATERIA**

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

**CFU:** 8

**Tipologia attività formativa:**  
Caratterizzante

**Altro (specificare):**

**Obiettivi formativi:**

Acquisire informazioni sulla struttura della materia a partire dalla fisica atomica fino alla materia condensata. Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di conoscere le proprietà fisiche dell'atomo e della materia, di essere in grado di applicare il formalismo ed i concetti della meccanica quantistica alla risoluzione di semplici problemi di Fisica della Materia, di sapere affrontare il calcolo numerico di grandezze fisiche misurabili formulando ipotesi e approssimazioni e verificando che le approssimazioni fatte 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. Stato fondamentale di un atomo a più elettroni: strategie di calcolo e proprietà. Metodo autoconsistente di Hartree-Fock. Tavola periodica degli atomi rivisitata. Oltre il campo autocosistente: 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

**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**

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

**CFU:** 8

**Tipologia attività formativa:**  
Caratterizzante

**Altro (specificare):**

**Obiettivi formativi:**

Il corso intende fornire allo studente adeguata conoscenza e capacità di comprensione delle basi della fisica del nucleo e delle particelle elementari.

**Programma sintetico:**

Ordini di grandezza ed unità di misura. La sezione d'urto. Potenziale di Yukawa. Invarianti relativistici.

Equazione di Klein Gordon. Particelle reali e virtuali. Simmetrie e leggi di conservazione; parità, coniugazione di carica, inversione temporale. Acceleratori di particelle. Rivelatori. Il nucleo atomico; dimensioni nucleari; massa ed energia di legame; parità; momenti nucleari: a goccia liquida, a gas di Fermi, a shell a particella singola. Stati eccitati del nucleo; emissione di gamma; livelli rotazionali e vibrazionali. Teoria mesonica delle forze nucleari; il deutone. Leggi del decadimento radioattivo; decadimento alfa; fissione spontanea. Reazioni nucleari, dirette e di nucleo composto; risonanze. Fissione indotta da neutroni; reattori a fissione; scorie radioattive. Fusione termonucleare. Nucleosintesi ed evoluzione stellare. Interazione forte: conservazione di barioni; isospin, risonanze barioniche e risonanze mesoniche, stranezza ed ipercarica, cenni al modello standard. Interazione debole: conservazione di leptoni; decadimento beta; violazione della parità; decadimento debole di particelle strane.

**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 (buche 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.

**Insegnamento: ELEMENTI DI GEOFISICA**

**Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/06

**CFU:** 6

**Tipologia attività formativa:**

**Altro (specificare):**

**Obiettivi formativi:**

Il corso ha lo scopo di far acquisire conoscenze su quali metodi permettono di determinare quale sia la struttura interna ed esterna e i principali processi fisici che avvengono sul e all'interno del pianeta terra. Lo studente dovrà dimostrare di conoscere gli argomenti, avere familiarità con la fenomenologia ed i processi, di sapere applicare gli argomenti proposti durante la prova di esame formulando ipotesi e approssimazioni, discutendo e verificandole, dimostrando la coerenza delle approssimazioni con i dati fenomenologici/sperimentali.

**Programma sintetico:**

Lo studio della Terra: metodi geologici, petrologici, geochimici, geofisici. Il Sistema Solare e la distribuzione degli elementi tra Sole e pianeti; La costituzione della parte superficiale della Terra La cronologia radiometrica, la scala delle ere geologiche, l'età della Terra; Modelli preliminari della composizione della Terra. Bilancio termico della Terra e l'attività vulcanica I terremoti: origine e propagazione delle onde sismiche Modelli fisici della struttura terrestre La teoria della tettonica delle zolle La dinamica terrestre e le catastrofi naturali: metodi probabilistici applicati alla riduzione dei loro effetti.

**Esami propedeutici:**

**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 e/o scritto.

<b>Insegnamento: ELETTRIMAGNETISMO E OTTICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	
<b>CFU:</b> 12	
<b>Tipologia attività formativa:</b> Base	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p>1) Il corso fornirà allo studente competenze su osservazioni sperimentali e descrizione teorica dei fenomeni elettromagnetici, necessarie al loro uso in Fisica.</p> <p>2) Il corso affronta i fenomeni elettromagnetici statici e dinamici e le loro applicazioni nel vuoto e nella materia. Al termine lo studente dovrà conoscere approfonditamente proprietà e formalismo dei campi elettromagnetici, e aver sviluppato le capacità necessarie per l'applicazione di tali concetti alla risoluzione di problemi.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b></p> <p>Cariche. Legge di Coulomb. Campo elettrico. Conservatività. Potenziale, flusso, teorema di Gauss. Gradiente, rotore, divergenza. Dipoli. Conduttori. Induzione elettrostatica. Capacità. Condensatori. Energia. Equazione di Poisson. Problema generale dell'elettrostatica. Dielettrici. Polarizzazione, suscettività, vettore induzione.</p> <p>Conduzione. Generatori. Correnti. Resistenza. Energia. Potenza. Circuiti. Leggi di Kirchhoff. Carica e scarica di un condensatore. Magnetismo. Leggi di Laplace. Campo di induzione magnetica: flusso, circuitazione, divergenza e rotore. Legge di Ampère. Dipoli magnetici. Principio di equivalenza di Ampère. Potenziale vettore. Campo magnetico. Diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo. Forza di Lorentz. Forze tra circuiti. Induzione elettromagnetica. Campo elettromotore. Generatori di tensione alternata. Autoinduzione. Energia magnetica. Correnti alternate e leggi di Kirchhoff. Mutua induzione.</p> <p>Corrente di spostamento. Equazioni di Maxwell.</p> <p>Onde meccaniche. Onde elettromagnetiche. Ottica fisica. Interferenza e diffrazione.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b> Meccanica e Termodinamica.	
<p><b>Prerequisiti:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- conoscenze operative di calcolo differenziale e integrale, quali tipicamente apprese nel corso di Analisi I;</li> <li>- conoscenze operative di geometria e algebra lineare, quali tipicamente apprese nel corso di Geometria;</li> <li>- conoscenze delle equazioni differenziali e del calcolo integrale su domini multidimensionali (tale conoscenza viene fornita dal corso di Analisi II, svolto in parallelo).</li> </ul>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento: FISICA APPLICATA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/07	
<b>CFU:</b> 6	
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p>Fornire adeguate competenze nell'applicazione di metodologie fisiche. Alla fine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze e competenze almeno in uno ambito delle applicazioni tecnologiche della fisica.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b></p> <p>Rivelatori ed elettronica. Cenni di interazione radiazione materia. Rivelatori. Circuiti per segnali da rivelatori. Dosimetria. Micro- e Opto-elettronica.</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>	

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

**Insegnamento: FISICA MODERNA**

**Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/02 **CFU:** 8

**Tipologia attività formativa:** Caratterizzante **Altro (specificare):**

**Obiettivi formativi:**

- 1) Il corso fornirà allo studente competenze sulla fenomenologia che ha stimolato l'introduzione della fisica moderna.
- 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.

**Programma sintetico:**

**Introduzione fenomenologica alla meccanica quantistica:** Il problema del corpo nero. L'effetto fotoelettrico. Il calore specifico dei solidi. L'atomo di Rutherford e Bohr. Esperimento di Davisson e Germer.

**Elementi di relatività ristretta:**

Esperimento di Michaelson e Morley. Postulati di Einstein. Trasformazioni di Lorentz e delle velocità. Invarianti relativistici e quadri-vettori. Quadri-vettore 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.

**Fisica statistica e introduzione alla meccanica statistica:**

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

**Esami propedeutici:** Elettromagnetismo e Ottica

**Prerequisiti:**

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

**Insegnamento: GEOMETRIA**

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

**CFU:** 9

**Tipologia attività formativa:**

Affine

**Altro (specificare):**

**Obiettivi formativi:**

Il corso intende introdurre e formalizzare i concetti fondamentali dell'algebra lineare e della geometria euclidea : spazi vettoriali, sistemi lineari, matrici, diagonalizzazione, geometria analitica. Al termine del corso lo studente sarà in grado di applicare i concetti e i metodi acquisiti per lo studio delle successive discipline.

**Programma sintetico:**

Matrici su di un campo. Operazioni elementari sulle righe di una matrice. Matrici equivalenti. Generalità sui sistemi lineari. Operazioni con le matrici.

Definizione e proprietà di spazi vettoriali su di un campo  $\mathbf{K}$ .

Definizione di trasformazione (o applicazione) lineare, esempi e proprietà fondamentali. Trasformazione lineare definita da una matrice. Nucleo e immagine di una trasformazione lineare e relazione tra le relative dimensioni (s.d.). Isomorfismi.

Algebra delle matrici quadrate su  $\mathbf{K}$  e suo isomorfismo con l'algebra degli endomorfismi di  $V_n(\mathbf{K})$ .

Gruppo lineare generale  $GL(n, \mathbf{K})$  e suo isomorfismo con  $Aut(V_n)$ . Il gruppo ortogonale  $O(n, \mathbf{R})$ .

Autovettori, autovalori, autospazi e polinomio caratteristico di un endomorfismo e di una matrice quadrata e loro proprietà. Molteplicità algebrica e geometrica di un autovalore e loro relazione (s.d.).

Matrici simili e loro proprietà. Endomorfismi e matrici diagonalizzabili e loro caratterizzazione.

Spazi vettoriali euclidei reali. Prodotto scalare standard tra vettori geometrici. Prodotto scalare standard in  $\mathbf{R}^n$ . Cenno al prodotto hermitiano standard in  $\mathbf{C}^n$ .

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.

Circonferenza, ellisse, iperbole e parabola come luoghi geometrici. Coniche reali. Riduzione a forma canonica dell'equazione di una conica reale non degenera. Classificazione affine delle coniche reali non degeneri. Sfera e circonferenza nello spazio. Coni e cilindri. Superfici di rotazione.

**Esami propedeutici:**

**Prerequisiti:**

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

**Insegnamento: INFORMATICA**

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

**CFU:** 6

**Tipologia attività formativa:**  
**Affine**

**Altro (specificare):**

**Obiettivi formativi:**

Il corso propone un percorso formativo incentrato sul concetto di algoritmo come strumento di approccio alla risoluzione di problemi. Al termine del corso lo studente acquisirà conoscenze:

- 1- sulle proprietà fondamentali degli algoritmi;
- 2- sul funzionamento dei calcolatori digitali;
- 3- sulle funzionalità basilari dei sistemi operativi;
- 4- sul linguaggio di programmazione C come mezzo di implementazione di algoritmi;
- 5- su metodi elementari del calcolo numerico.

Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di

- 1- essere in grado di utilizzare un calcolatore in ambiente Unix/Linux;
- 2- poter progettare un algoritmo per risolvere un semplice problema e di implementarlo nel linguaggio di programmazione C.

Il corso non presuppone conoscenze informatiche e dà molto risalto agli aspetti applicativi.

È indispensabile seguire il laboratorio.

**Programma sintetico:**

Il concetto di algoritmo; proprietà formali degli algoritmi; formalismi per la codifica degli algoritmi: pseudo-codice e diagrammi di flusso; misure di complessità degli algoritmi; astrazione e linguaggi di programmazione. Architettura di un calcolatore: metodologie e tecnologie per il trattamento automatico dell'informazione: il calcolatore come strumento di elaborazione ed immagazzinamento dell'informazione; macchina di von Neumann; codifica delle informazioni; sistema di numerazione binario ed esadecimale; rappresentazione dei numeri interi e reali; codifica dei caratteri; la logica booleana e gli operatori logici; cenni ai processori ed alla logica di esecuzione delle istruzioni. Interfaccia utente-calcolatore: macchine virtuali e sistemi operativi; funzioni del sistema operativo; gestione dei processi; gestione dell'input/output; il sistema operativo Linux; ambienti grafici; introduzione alle reti di calcolatori. Programmazione: astrazione e linguaggi di programmazione; progettazione dei programmi; programmazione modulare; cenni ai diversi paradigmi di programmazione; traduzione dei linguaggi: interpretazione, compilazione e linking. Il 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; introduzione al calcolo numerico.

**Esami propedeutici:**

**Prerequisiti:**

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

**Insegnamento: ISTITUZIONI DI MECCANICA QUANTISTICA**

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

**CFU:** 12

**Tipologia attività formativa:**  
Caratterizzante

**Altro (specificare):**

**Obiettivi formativi:**

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:**

**Richiami concernenti la crisi della fisica classica e l'introduzione della meccanica quantistica:** Effetto fotoelettrico ed effetto Compton. Spettro del corpo nero ed ipotesi di Planck. Il modello atomico di Thomson, l'atomo di Rutherford e sue difficoltà? Le ipotesi di Bohr. Condizioni di Sommerfeld (Ca). L'esperienza di Frank e Hertz. L'ipotesi di de Broglie. Gli esperimenti di Davisson-Germer e di Thomson (Ca, Me);

**L'equazione di Schroedinger:** Proprietà dell'equazione di Sch., Metodo di separazione delle variabili per Hamiltoniane indipendenti dal tempo, il problema di Sturm-Liouville. Interpretazione probabilistica della eq. di Schroedinger, L' esperimento della doppia fenditura con particelle materiali (elettroni), Valori medi delle grandezze misurabili, Teorema di Eherenfest, La non commutatività degli operatori p e q. Il principio di indeterminazione di Heisenberg. Buche di potenziale; La barriera di potenziale; L'effetto tunnel; Soluzione dell' oscillatore armonico unidimensionale col metodo algebrico di Dirac. Introduzione agli stati coerenti dell' oscillatore armonico

**Formulazione generale della meccanica quantistica:** I postulati. Spazio di Hilbert astratto e formalismo dei Bra e ket; Rappresentazione degli stati e degli operatori nella base delle x e delle p. Autovalori e autovettori di un operatore. Autofunzioni improprie dell'eq. di Sch.: la particella libera. Il Kernel dell'eq. Di Sch. Operatore di evoluzione temporale; Il postulato di Von Neumann. Descrizione di Schroedinger, di Heisenberg e di interazione.

**Problemi in piu' dimensioni:** Separazione delle variabili, degenerazione dello spettro e sistema CSCO. Equazione di Schroedinger nello spazio tridimensionale. Potenziale centrale.

Proprietà generali dello spettro di una particella in un campo di forze centrale. Oscillatori armonici in due e tre dimensioni; il caso isotropo. Teoria algebrica del momento angolare e composizione di momenti angolari. Armoniche sferiche. Oscillatore armonico 3-d isotropo (base cartesiana e sferica). Atomo di idrogeno; Lo spin dell' elettrone, esperimento di Stern-Gerlach.

**Teoria delle perturbazioni:** Perturbazioni stazionarie per stati non degeneri; Perturbazioni stazionarie per stati degeneri. Perturbazioni dipendenti dal tempo; Effetto Zeeman, effetto Stark; Perturbazioni dello spettro continuo: serie di Born.

**Esami propedeutici:** Elettromagnetismo e Ottica

**Prerequisiti:**

- padroneggiare i contenuti del corso di Geometria in particolare l'algebra delle matrici;
- padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica Analitica;
- padroneggiare alcuni contenuti del corso di Metodi Matematici della Fisica, in particolare: elementi di equazioni differenziali alle derivate parziali e loro soluzioni, ed elementi di analisi funzionale;
- elementi di relatività ristretta forniti dal corso di Fisica Moderna svolto in parallelo

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

<b>Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA 1</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 10
<b>Tipologia attività formativa:</b> Caratterizzante	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Il corso intende fornire allo studente graduali 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.	
<b>Programma sintetico:</b> 1) Introduzione alla sperimentazione fisica. 2) Caratteristiche di uno strumento di misura. Errori di misura. Errori casuali, massimi e statistici. La media. La deviazione standard. Errori sistematici. Misure indirette. Propagazione degli errori massimi e statistici. Cifre significative. 3) Rappresentazione dei dati sperimentali con grafici e istogrammi. 4) Cenni di teoria delle probabilità. Distribuzioni di probabilità. Distribuzione binomiale, di Poisson. di Gauss. La legge dei grandi numeri. Campioni sperimentali. Distribuzione limite. Stima dei suoi parametri. 5) Rigetto dei dati e il criterio di Chauvenet. 6) Il metodo di massima verosimiglianza. Giustificazione della media aritmetica di un campione come migliore stima del valore medio di una popolazione. Media pesata. Dipendenze funzionali e metodo dei minimi quadrati. Test di ipotesi. La distribuzione del chi quadro e suo uso nei problemi di consistenza. 7) Descrizione delle prove di laboratorio di meccanica e termologia. 8) Svolgimento in laboratorio di queste prove, ognuna delle quali prevede presa dati, analisi dati e stesura di relazione finale scritta.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> - conoscenze di meccanica e termodinamica fornite dal corso di Meccanica e Termodinamica svolto in parallelo; - conoscenze operative di calcolo, quali tipicamente apprese nei corsi di Analisi I e Geometria svolti in parallelo;	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o prova pratica.	

<b>Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA 2</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 10
<b>Tipologia attività formativa:</b> Caratterizzante	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>            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.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>  <u>Modulo 1.</u> Leggi dell’ottica geometrica. Prisma rifrangente. Formazione delle immagini. Diottro. 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.  <u>Modulo 2.</u> 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. Sonda dell’oscilloscopio.            Cenni sulla conduzione nei semiconduttori. Diodo a semiconduttore. Raddrizzatore a semionda e Ponte di Graetz.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b> Laboratorio di Fisica 1.	
<p><b>Prerequisiti:</b>            - 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;</p>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova pratica e colloquio.	

<b>Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA 3</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 10
<b>Tipologia attività formativa:</b> Caratterizzante	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  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.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>  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.  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.  <i>Amplificatore differenziale. Amplificatore operazionale. Applicazioni lineari e non lineari degli operazionali. Convertitore digitale-analogico ed analogico-digitale.</i>  J-FET, MOSFET. Principio di funzionamento, caratteristiche. Applicazioni.  Processi d'interazione di particelle e radiazioni con la materia.  Cenni sui rivelatori di particelle e radiazione.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b> Laboratorio di Fisica 2.	
<p><b>Prerequisiti:</b>  - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica;</p>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e prova pratica.	

<b>Insegnamento: MECCANICA ANALITICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> MAT/07	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b> Affine	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> Elementi di cinematica e dinamica del corpo rigido. Formalismo Lagrangiano. Principio di Hamilton. Formalismo hamiltoniano. Simmetrie e teorema di Noether. Variabili angolo-azione e regole di Bohr. Cenni sulle perturbazioni hamiltoniane. Principio di Maupertuis. Introduzione alla meccanica dei continui deformabili, applicazioni ai fluidi perfetti.	
<b>Esami propedeutici:</b> Meccanica e Termodinamica, Analisi 1, Geometria	
<b>Prerequisiti:</b> - 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.	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o scritto.	

<b>Insegnamento: MECCANICA E TERMODINAMICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 14
<b>Tipologia attività formativa:</b> Base (corso annuale)	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> - 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: METODI MATEMATICI DELLA FISICA**

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

**CFU:** 10

**Tipologia attività formativa:**  
Caratterizzante

**Altro (specificare):**

**Obiettivi formativi:**

Acquisizione di adeguate competenze sull'analisi delle funzioni a variabile complessa, sulle basi dell'analisi funzionale, sulla teoria degli operatori e sull'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. Condizioni di Cauchy -Riemann. Funzioni olomorfe e relazioni con le funzioni armoniche. Curve in aperti del piano complesso: omotopia tra curve e omotopia a zero. Teorema Integrale di Cauchy. Formula di Cauchy. Funzioni analitiche. Analiticità e olomorfa. Teorema di Liouville. Teorema fondamentale dell'Algebra. Serie di Laurent e classificazione delle singolarità isolate. Indice di avvolgimento di una curva rispetto a un punto. Teorema dei residui. Calcolo di integrali con uso del teorema dei residui.

**Spazi lineari reali e complessi:** Spazi lineari unitari. Cambiamento di base e matrici unitarie. Funzionali lineari su spazi unitari. Operatori lineari su spazi unitari a dimensione finita. Algebra degli operatori lineari. Norma di un operatore lineare. Operatore inverso. Teoria spettrale per operatori lineari in spazi unitari di dimensione finita. Diagonalizzabilità. Decomposizione spettrale per operatori autoaggiunti unitari e normali. Spazi di Hilbert.

Spazi  $L^2$ : Disuguaglianza di Holder. Completezza degli spazi  $L^2$ . Esempi di spazi  $L^2$ . Alcune proprietà di  $L^2(\mathbb{R}^n)$ . La convoluzione. Identità approssimate. Teorema di approssimazione. Densità delle funzioni in  $L^2$  di funzioni continue a supporto compatto in  $L^2(\mathbb{R}^n)$ . Spazi di Hilbert separabili. Separabilità di  $L^2(\mathbb{R}^n)$ . Insiemi ortonormali e basi ortonormali. Disuguaglianza di Bessel. Gli spazi  $L^2$  su intervalli della retta reale. Polinomi di Legendre. La base trigonometrica.

**Analisi di Fourier:** Serie di Fourier di funzioni su un intervallo della retta reale. Convergenza in media quadratica, puntuale e uniforme. Trasformata di Fourier: trasformata di Fourier di funzioni complesse integrabili in  $\mathbb{R}^n$ . Proprietà della trasformata di Fourier. Lemma di Riemann-Lebesgue. Trasformata di Fourier di una gaussiana. Il teorema di Plancherel. Trasformata di Fourier di funzioni in  $L^2(\mathbb{R}^n)$ . Formula di inversione. Trasformata di Fourier di convoluzioni. Operatori di moltiplicazione e derivazione e loro decomposizione spettrale. Principio di indeterminazione di Heisenberg.

**Teoria delle Distribuzioni:** spazio delle funzioni test. Funzioni generalizzate. Il supporto di una distribuzione. Esempi. Moltiplicazione per una funzione regolare di una distribuzione. Derivate di una distribuzione. Distribuzioni con supporto in un punto. Convoluzione di distribuzioni e funzioni. Distribuzioni temperate. Teorema di Schwartz. Convoluzione di distribuzioni temperate e funzioni. 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 delle equazioni differenziali alle derivate parziali di interesse fisico.

**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.

<b>Insegnamento: OTTICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 6
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</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 e degli strumenti ottici, sviluppando le capacità applicative dello studente.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>  Ottica gaussiana al primo ordine e lenti sottili, studio di sistemi ottici. Metodo della matrice di trasferimento. Aberrazioni, sistemi acromatici.  Elementi di ottica delle particelle cariche. Lenti elettrostatiche.  Fondamenti della teoria della propagazione delle onde elettromagnetiche. Interferenza, interferometri ed applicazioni. Diffrazione. Potere risolutivo dei sistemi ottici.  Modelli classici della emissione: radiazione termica, corpo nero.  Concetti di base della teoria quantistica dell'emissione. Interazione della radiazione con un sistema a due livelli. Emissione ed assorbimento stimolati. Emissione spontanea. Inversione di popolazione e pompaggio ottico. Cavità risonanti. Emissione laser. Sistemi laser ed applicazioni.  Polarizzazione della luce. Birifrangenza. Attività ottica.  Principi di funzionamento delle fibre ottiche e loro applicazioni.  Olografia ed applicazioni.  Cenni su alcuni dei seguenti argomenti tratti dalla frontiera di ricerca nell'ottica moderna: atto-fisica, meta-materiali ed invisibilità, fotonica integrata, crittografia quantistica, pinzette ottiche, nano-ottica, iper-microscopia, calcolo ottico.</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.	

**Insegnamento: PREPARAZIONI DI ESPERIENZE DIDATTICHE****Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/08**CFU:** 6**Tipologia attività formativa:****Altro (specificare):****Obiettivi formativi:**

Il corso dà elementi professionalizzanti per insegnanti di fisica nella scuola secondaria, con enfasi su attività di laboratorio e modellizzazione. Lo scopo è l'integrazione sinergica di tipi di laboratorio ("povero": con materiali a basso costo; apparati tradizionalmente presenti nelle scuole; sensori in linea a calcolatore, Real-Time (R-T); ambienti virtuali). L'allievo deve dimostrare Abilità Sperimentali, Capacità di comprensione dei contenuti affrontati, Abilità nella comunicazione didattica.

**Programma sintetico:**

Gli esperimenti sono scelti in base a: - valore emblematico; - risultati della Ricerca in Didattica della Fisica; - zone di conoscenza "debole" (accertate all'inizio). Tipicamente si affronta lo studio di: - moti di persone (sensori per R-T, grafici cinematici); moti sistemi massa-molla (sensori per R-T); - galleggiamento ed affondamento (lab. "povero"); - riscaldamenti-raffreddamenti e calori specifici (apparati tradizionali e sensori per R-T); - circuiti ad elementi passivi ("povero" e apparati tradizionali); - induzione e.m. (apparati tradizionali e modelli dinamici); - tensione alternata (apparati tradizionali); - immagini da lenti sottili e funzionamento di fibre ottiche ("povero" e apparati tradizionali).

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

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

**Modalità di accertamento del profitto:** Consegne e questionari durante il corso, esame orale.

**Insegnamento: STORIA DELLA FISICA**

**Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/08

**CFU:** 6

**Tipologia attività formativa:**

A Scelta

**Altro (specificare):**

**Obiettivi formativi:**

La *finalità* del corso è quella di integrare criticamente, attraverso percorsi storici, la fisica classica studiata durante i corsi del I e II anno con le indicazioni relative all'analisi storica.

Gli *obiettivi cognitivi* che si vogliono raggiungere sono le conoscenze storico-critiche di alcune tematiche fisiche studiate dal punto di vista positivo e curricolare.

Le **competenze** da acquisire riguardano la strutturazione di un quadro storico impostato sullo sviluppo delle idee fisiche. Il corso intende inoltre fornire lo studente dei metodi di indirizzo della Storia della Fisica necessari alla comprensione delle modalità della ricerca nel settore. Lo studente sarà guidato nella applicazione delle proprie conoscenze, parteciperà ad attività di laboratorio per acquisire familiarità con le metodologie esposte.

**Programma sintetico:**

Il corso intende presentare le principali idee che hanno dato origine alla scienza contemporanea. Il programma è sviluppato in due moduli. Il primo modulo riguarda la rivoluzione scientifica nel Seicento e che inizia con la pubblicazione del trattato di Copernico e prosegue con le ricerche condotte da Galilei 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.

Ciascuna lezione ha la durata di quattro ore ed è un'ordinaria sessione di laboratorio. La metodologia didattica adottata è quella della *Ricostruzione degli esperimenti storici*.

**Esami propedeutici:**

**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.

