



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

# Fisica (2024)

## Il corso

Codice corso: 30046

Classe di laurea: L-30

Durata: 3 anni

Lingua: ITA

Modalità di erogazione:

Dipartimento: FISICA

## Presentazione

Il Corso di Laurea triennale in Fisica (classe L-30, Scienze e Tecnologie Fisiche) si propone di fornire agli studenti una formazione completa sui vari ambiti della fisica classica e moderna, per consentire loro di proseguire negli studi iscrivendosi a una Laurea Magistrale o per farli entrare nel mondo del lavoro con un bagaglio di conoscenze e di competenze adeguato. Gli strumenti metodologici acquisiti consentono al laureato triennale di aggiornare le sue conoscenze nel corso della sua vita lavorativa. Nel seguito vengono illustrati i criteri di ammissione al Corso di Laurea, l'articolazione in curricula ed infine una visione d'insieme dei principali sbocchi professionali previsti. Per l'ammissione al corso di Laurea triennale è richiesto un diploma di scuola secondaria superiore di durata quinquennale, o un altro titolo di studio conseguito all'estero e riconosciuto come equivalente dall'Amministrazione. Ai fini dell'immatricolazione gli studenti devono sostenere una prova, obbligatoria ma non selettiva, per la verifica delle conoscenze in ingresso (TOLC-S). Il test TOLC-S prevede quesiti a risposta multipla relativi a conoscenze di matematica e di logica di base sugli argomenti previsti nei programmi della scuola secondaria superiore. I dettagli sulle caratteristiche e la modalità di svolgimento della prova sono definiti nel regolamento didattico del Corso di Studi. A coloro che non superano il test TOLC-S, vengono assegnati degli obblighi formativi aggiuntivi, secondo criteri definiti annualmente nel bando di ammissione. Non è consentita l'immatricolazione a chi non abbia sostenuto la prova di verifica d'ingresso TOLC-S. Si esplicita che, per il Corso di Studi in oggetto, non è previsto alcun numero programmato: la partecipazione alla prova d'ingresso (TOLC-S) consente l'ammissione al corso di studi indipendentemente dall'esito della prova. Gli studenti e le studentesse non sono tenuti a sostenere il TOLC-S o il TOLC-CASA se hanno già sostenuto il TOLC-B o il TOLC-I. Il Corso di Laurea in Fisica è articolato in tre curricula: Fisica, Astrofisica, Fisica Applicata. Comuni a tutti i curricula sono le competenze di carattere matematico, informatico e chimico, che vengono acquisite nei primi due anni di corso. Tali competenze permettono agli studenti di affrontare gli insegnamenti più specificamente di fisica che costituiscono, nell'arco dei tre anni, la parte principale del corso stesso. Viene inoltre verificata la conoscenza della lingua inglese, con un esame di Lingua Inglese che mira a verificare se lo studente sia in grado di utilizzarla efficacemente, in forma scritta e orale, nell'ambito specifico di competenza e per lo scambio di informazioni generali. Nel contesto del Quadro comune europeo di riferimento per la conoscenza delle lingue – QCER, tale livello di conoscenza corrisponde al livello B1. Nell'ambito del curriculum di Fisica, oltre alle competenze di base, vengono fornite ulteriori competenze nei settori del Calcolo, dell'Elettronica, della Fisica della Materia e di quella Nucleare e Subnucleare. Il curriculum di Fisica Applicata fornisce la possibilità di acquisire ulteriori conoscenze nell'ambito della fisica applicata. Il curriculum in Astrofisica è pensato per fornire una competenza specifica nel campo dell'Astrofisica e dell'Astronomia. La laurea triennale in Fisica permette l'accesso alle lauree magistrali della classe LM-17 e LM-58, previa verifica del possesso dei requisiti curriculari e della personale preparazione. Lo sbocco naturale di un laureato triennale in Fisica è l'iscrizione ad un corso di Laurea Magistrale in Fisica o in discipline affini. Nel caso in cui volesse inserirsi direttamente nel mondo del lavoro, il laureato triennale in Fisica può svolgere attività professionali di tipo tecnico in enti di ricerca pubblici e privati, in imprese private e nella Pubblica Amministrazione. Potrà svolgere attività nel campo della produzione industriale in ambiti quali, ad

esempio, acustica, ottica, meccanica, elettronica, informatica e biomedica. O attività di supporto nel campo della radioprotezione, della protezione ambientale e della caratterizzazione dei materiali. Potrà svolgere il ruolo di tecnico di laboratorio, di programmatore scientifico, di analizzatore di dati (data analyst), di sviluppatore di software per applicazioni scientifiche ed industriali e di tecnico commerciale per l'assistenza ai clienti (per esempio nel caso di aziende produttrici di strumentazione). Tutte le informazioni relative al Corso di Laurea triennale in Fisica sono reperibili presso il sito Web del Corso di Laurea:

<https://www.phys.uniroma1.it/fisica/didattica/corsilauree/laurea-triennale-fisica> Il dettaglio delle date di inizio e fine delle lezioni di ciascun semestre e di inizio e fine di ciascuna sessione d'esami è pubblicato sul sito web del Corso di Laurea. L'orario delle lezioni e il calendario degli esami sono pubblicati rispettivamente in:

<https://www.phys.uniroma1.it/fisica/didattica/orario-delle-lezioni>

<https://www.phys.uniroma1.it/fisica/didattica/corsilauree/esami-calendario> Una pagina chiamata New Didattica direttamente accessibile dalla pagina Web principale del Dipartimento di Fisica permette di prendere visione di avvisi di carattere generale relativi all'erogazione della didattica: <https://www.phys.uniroma1.it/fisica/node/9879> Le norme che regolano i percorsi formativi sono definite nel Regolamento Didattico del corso di studi e sono illustrate nell'apposita pagina web: <https://www.phys.uniroma1.it/fisica/didattica/corsilauree/laurea-triennale-fisica> (box Percorsi formativi)

# Percorso formativo

## Fisica

### 1° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
1015375   GEOMETRIA	1°	9	ITA

#### Obiettivi formativi

Obiettivi Formativi

Obiettivi generali:

acquisire conoscenze di base sui sistemi lineari, sugli spazi vettoriali, sulle applicazioni lineari, sulle forme bilineari simmetriche e sulle forme hermitiane.

Obiettivi specifici:

Conoscenza e comprensione: al termine del corso lo studente avrà acquisito le nozioni e i risultati di base relativi alla risoluzione di sistemi lineari e all'interpretazione geometrica delle loro soluzioni, al calcolo matriciale, alla teoria degli spazi vettoriali e delle applicazioni lineari tra essi, con particolare attenzione al caso degli endomorfismi di uno spazio vettoriale e delle decomposizioni in autospazi ad essi associate.

Applicare conoscenza e comprensione: al termine del corso lo studente sarà in grado di risolvere sistemi di equazioni lineari in un arbitrario numero (finito) di variabili, di riconoscere problemi matematici rappresentati da applicazioni lineari tra spazi vettoriali e utilizzare questo fatto per la loro risoluzione; sarà in grado di operare con le matrici e di stabilire la risolubilità di un sistema lineare e l'invertibilità di un'applicazione lineare mediante considerazioni sul rango e mediante il calcolo del determinante delle matrici associate; inoltre sarà in grado di calcolare gli autovalori di un endomorfismo lineare e determinare la decomposizione in autospazi ad esso associata.

Capacità critiche e di giudizio: lo studente avrà le basi per analizzare le analogie e le relazioni tra gli argomenti trattati in questo corso e gli argomenti trattati nei corsi successivi come Meccanica e Analisi Vettoriale.

Capacità comunicative: capacità di esporre i contenuti nella parte orale della verifica e negli eventuali quesiti teorici presenti nella prova scritta.

Capacità di apprendimento: le conoscenze acquisite permetteranno lo studio dei successivi corsi della laurea triennale in Fisica.

1018864   Analisi	1°	9	ITA
-------------------	----	---	-----

#### Obiettivi formativi

Obiettivi generali:

acquisire conoscenze di base del Calcolo Differenziale ed Integrale in una variabile reale, del Calcolo Differenziale in più variabili reali e delle equazioni differenziali ordinarie lineari ed alcune non lineari di primo e secondo grado.

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Calcolo Integrale in una variabile, Calcolo Differenziale in più variabili e tecniche per risolvere equazioni differenziali ordinarie

B – Capacità applicative

OF 2) Saper applicare i concetti analitici a problemi della Meccanica Classica

C - Autonomia di giudizio

OF 3) Nelle sessioni di esercitazione sarà stimolata la capacità di risoluzione autonoma di problemi con approccio logico-deduttivo

D – Abilità nella comunicazione

OF 4) Sarà curata l'interazione e la collaborazione tra studenti e con il docente durante le esercitazioni

E - Capacità di apprendere

OF 5) Cenni/collegamenti a concetti in futuri Corsi e cura del rigore analitico forniranno autonomia di studio e consapevolezza

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
1035105   LABORATORIO DI CALCOLO	1°	6	ITA

#### Obiettivi formativi

Laboratorio di Calcolo è un corso base di programmazione e di introduzione ai metodi numerici che vengono utilizzati in fisica. L'approccio è pratico e mira ad insegnare i concetti fondamentali della programmazione con una forte enfasi sulla attività laboratoriale. Rappresenta un importante veicolo per sviluppare le abilità analitiche e di problem-solving degli studenti. Più precisamente, il corso mira a fornire agli studenti abilità che saranno rilevanti per molti anni in futuro. Pertanto lo scopo principale del corso non è quello di fornire una educazione dettagliata in quelli che sono oggi, sul mercato o nella ricerca in Fisica, i principali strumenti di programmazione. Piuttosto mira a insegnare i principi generali che sono alla base di qualsiasi linguaggio di programmazione. La programmazione è un argomento pratico: lo scopo del corso è quello di insegnare agli studenti a scrivere semplici programmi effettivamente funzionanti. Le abilità che sono alla base della programmazione sono essenzialmente astratte ed è perciò cruciale riuscire a vedere strutture e schemi generali a partire da esempi specifici. E' anche essenziale essere in grado di pensare in modo logico e razionale, in modo da essere in grado di predire il comportamento di un sistema che si comporta secondo un set rigido e fisso di regole. Queste abilità sono sviluppate attraverso le attività pratiche ed infatti il corso utilizza un metodo di insegnamento basato sulla soluzione dei problemi. Scopo aggiuntivo del corso è quello di insegnare le buone pratiche di lavoro: autostima, buon utilizzo del tempo, agire e pensare in modo razionale, imparare ad interagire con altri collaboratori. Alla fine del corso, lo studente avrà appreso il linguaggio C, il sistema operativo Linux e rudimenti di Python, come strumenti puramente funzionali allo sviluppo delle sue capacità di analisi e di descrizione di algoritmi usati per risolvere problemi di fisica. Conoscerà alcuni metodi di calcolo numerico tipici della fisica e li applicherà scrivendo semplici programmi.

#### OBIETTIVI SPECIFICI:

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Acquisire abilità logico-computazionali

OF 2) Acquisire i principi generali che sono alla base di qualsiasi linguaggio di programmazione.

OF 3) Comprendere i principi di funzionamento di un computer

OF 4) Comprendere algoritmi e metodi di calcolo numerico per risolvere problemi di tipo scientifico

B – Capacità applicative

OF 5) Risolvere problemi logici e/o analitici, nonché semplici casi di fisica generale elaborando algoritmi ottimali ed efficienti.

OF 6) Essere in grado di scrivere semplici programmi in C o in Python effettivamente funzionanti

C - Autonomia di giudizio

OF 7) Essere in grado di individuare strutture e schemi generali a partire da esempi specifici

D – Abilità nella comunicazione

OF 8) Saper interagire e collaborare con gli altri nel processo di problem-solving attraverso una comunicazione adeguata di idee, intuizioni e conoscenze

E - Capacità di apprendere

OF 9) Avere la capacità di apprendere nuovi algoritmi per risolvere problemi scientifici

OF 10) Capacità di apprendere nuove tecniche e linguaggi di programmazione

AAF1137   ABILITA' INFORMATICHE	1°	3	ITA
------------------------------------	----	---	-----

#### Obiettivi formativi

L'obiettivo è dare agli studenti la capacità pratica di utilizzare un moderno calcolatore personale ed eseguire le operazioni elementari di utilizzo (accensione, spegnimento, gestione dati e programmi), su sistema operativo proprietario oppure open source.

10611945   LABORATORIO DI MECCANICA	1°	12	ITA
---	----	----	-----

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultato del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

LABORATORIO DI  
MECCANICA I

1°

3

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultato del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

## OBIETTIVI GENERALI:

- OF 1) insegnare agli studenti le leggi fondamentali della meccanica e la loro applicazione a situazioni del mondo reale  
OF 2) sviluppare le abilità di problem-solving utilizzando un approccio che descriva i fenomeni fisici, combinando metodi, formule matematiche ed intuizione fisica  
OF 3) sviluppare le capacità matematiche nel derivare soluzioni numeriche corrette che possono essere direttamente confrontate con situazioni e misure del mondo reale.

## OBIETTIVI SPECIFICI:

A - Conoscenza e capacità di comprensione

- OF 4) Conoscere le leggi fondamentali della meccanica  
OF 5) Conoscere le leggi di conservazione in fisica e le loro implicazioni  
OF 6) Comprendere il testo di un esercizio di fisica

B – Capacità applicative

- OF 7) Formalizzare un problema di fisica utilizzando gli strumenti dell'algebra, della geometria e dell'analisi  
OF 8) Risolvere un problema di fisica in modo coerente, sia dal punto di vista formale che quantitativo  
OF 9) Avere la capacità di valutare gli effetti dominanti in un problema fisico

C - Autonomia di giudizio

- OF 10) Essere in grado di stabilire se una relazione tra grandezze fisiche o una legge sono corrette, anche da un punto di vista dimensionale  
OF 11) Sviluppo di doti di ragionamento quantitativo e abilità di risoluzione analitica utili per studiare, modellizzare e comprendere i principi fondamentali della meccanica

D – Abilità nella comunicazione

- OF 12) Saper parlare di fisica usando termini appropriati  
OF 13) Saper semplificare un problema complesso, isolando i contributi più rilevanti.

E - Capacità di apprendere

- OF 14) Avere la capacità di consultare un testo che parla di fisica

1022782 | CHIMICA

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Il corso di Chimica intende fornire una panoramica d'insieme della chimica, della struttura e reattività dei composti chimici. Poiché il corso si rivolge a studenti di eterogenea provenienza pre-universitaria, tutti gli argomenti sono affrontati in modo semplice. Lo scopo del corso è soprattutto quello di portare gli studenti a ragionare su un problema chimico, cercando di trasmettere un metodo di generale applicabilità per la loro risoluzione.

Nello specifico, al termine del corso, attraverso lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche, lo studente dovrà aver acquisito un'adeguata conoscenza e comprensione dei concetti di base della Chimica Generale con particolare riferimento alla composizione, struttura e proprietà delle varie forme della materia e delle leggi che descrivono i cambiamenti ai quali essa va soggetta. Inoltre, lo studente dovrà essere in grado di risolvere esercizi numerici inerenti.

Il superamento della prova d'esame richiederà allo studente l'acquisizione di un'adeguata capacità critica, nonché di autonomia di giudizio. Essa sarà raggiunta attraverso lo studio personale ed autonomo dei testi consigliati e delle lezioni teoriche proposte dal docente e tramite lo svolgimento di adeguati esercizi numerici.

Il corso si pone anche come obiettivo quello di migliorare le capacità comunicative: lo studente dovrà essere in grado di esporre e spiegare, in maniera semplice ma rigorosa, i processi chimici di base, sia in forma scritta che orale, anche a interlocutori non esperti.

Infine, lo studente dovrà essere in grado di collegare ed integrare le conoscenze acquisite con quelle che acquisirà successivamente, attraverso la lettura di testi e/o articoli scientifici.

10611945 |  
LABORATORIO DI  
MECCANICA

2°

12

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultato del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultato del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

**2° anno****Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua**

1018970 | ANALISI  
VETTORIALE

1°

9

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso intende fornire gli elementi fondamentali del calcolo differenziale ed integrale per funzioni di più variabili necessari per la comprensione delle principali discipline scientifiche, con particolare attenzione alle scienze fisiche.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere i principi del calcolo differenziale e integrale in più variabili

OF 2) Conoscere la teoria dei campi vettoriali e delle forme differenziali lineari

OF 3) Comprendere la teoria di base delle equazioni differenziali

B – Capacità applicative

OF 4) Trattare problemi che coinvolgono funzioni scalari di più variabili (ad es: ottimizzazione; calcolo di aree e volumi), campi vettoriali (ad es.: calcolo del lavoro e del flusso) ed equazioni differenziali (ad es. risoluzione e studio qualitativo delle soluzioni)

C - Autonomia di giudizio

OF 5) Avere gli strumenti essenziali per successivi approcci all'analisi funzionale, alla teoria di una variabile complessa, alla teoria della misura, alla meccanica Quantistica.

OF 6) Saper affrontare autonomamente nuovi problemi, applicando gli strumenti

matematici appresi a fenomeni o processi che si incontreranno nel corso di studi e nelle attività lavorative successive.

D – Abilità nella comunicazione

OF 7) Saper comunicare utilizzando propriamente il linguaggio matematico

E - Capacità di apprendere

OF 8) Approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso

1018971 |  
TERMODINAMICA E  
LABORATORIO

1°

9

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso si pone come obiettivo per gli studenti di acquisire la conoscenza delle leggi della termodinamica. Gli studenti comprenderanno come queste leggi fondamentali si applichino a semplici sistemi sia ideali (gas perfetti, macchine ideali) che reali (modello di gas reale, macchine termiche reali). Con le esperienze di laboratorio, gli studenti applicheranno le leggi studiate ed acquisiranno conoscenze pratiche sulla misura di grandezze termodinamiche (temperatura, calore, pressione). Inoltre acquisiranno pratica con l'uso di sistemi da vuoto e relativa strumentazione.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi della termodinamica.

OF 2) Comprendere sistemi termodinamici e loro interazioni con l'ambiente circostante.

OF 3) Conoscere le leggi e le grandezze della natura come entropia.

OF 4) Comprendere termodinamica dei sistemi reali.

OF 5) Conoscere i fenomeni di trasporto a livello molecolare.

....

B – Capacità applicative

OF 6) Saper dedurre relazione tra le grandezze termodinamiche fondamentali.

OF 7) Risolvere problemi di termodinamica dei sistemi ideali e reali.

OF 8) Essere in grado di applicare tecniche/metodi per le misure delle grandezze fondamentali.

...

C - Autonomia di giudizio

OF 9) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite al fine di applicare successivamente nel contesto più generale per le macchine termiche.

...

D – Abilità nella comunicazione

OF 10) Saper comunicare la presentazione delle grandezze termodinamiche con le loro incertezze.

...

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare e valutare la letteratura scientifica per approfondire in modo autonomo gli argomenti del corso.

OF 12) Essere in grado di ideare e sviluppare un progetto relativo alle macchine termiche.

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso si prefigge di far comprendere gli aspetti fondamentali della meccanica Lagrangiana e Hamiltoniana. Al termine del corso, gli studenti dovranno essere in grado di applicare i concetti appresi per risolvere problemi di meccanica Lagrangiana/Hamiltoniana.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi della meccanica Lagrangiana

OF 2) Conoscere le basi della meccanica Hamiltoniana

OF 3) Sviluppare la capacità di applicare metodi matematici alla modellizzazione dei sistemi fisici

B – Capacità applicative

OF 4) Saper descrivere un sistema meccanico vincolato con un numero finito di gradi di libertà in termini di variabili lagrangiane, determinandone la funzione Lagrangiana e le equazioni di Eulero-Lagrange

OF 5) Saper descrivere un sistema meccanico vincolato con un numero finito di gradi di libertà in termini di variabili hamiltoniane, determinandone la funzione Hamiltoniana e le equazioni di Hamilton

OF 6) Saper studiare le proprietà di equilibrio, stabilità, le piccole oscillazioni e le principali simmetrie di un sistema utilizzando le tecniche della meccanica Lagrangiana

OF 7) Saper risolvere semplici problemi relativi alle trasformazioni canoniche nei sistemi Hamiltoniani

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite in Meccanica Lagrangiana al fine di applicarle successivamente in diversi contesti di Fisica Teorica (Meccanica Quantistica, Meccanica Statistica, Teoria dei Campi, ecc...)

OF 9) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite in Meccanica Hamiltoniana al fine di applicarle successivamente in diversi contesti di Fisica Teorica (Meccanica Quantistica, Meccanica Statistica, Teoria dei Campi, ecc...)

D – Abilità nella comunicazione

E - Capacità di apprendere

OF 10) Avere la capacità di consultare libri di testo avanzati al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.

10616303 |  
LABORATORIO DI  
FISICA  
COMPUTAZIONALE I

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso si pone come obiettivo principale quello di insegnare agli studenti l'uso del computer per la risoluzione di alcuni problemi fondamentali in fisica. Tale obiettivo viene raggiunto insegnando agli studenti alcuni elementi avanzati del linguaggio di programmazione C, insieme a diversi algoritmi che, sebbene semplici, sono di ampia applicabilità.

Al termine del corso gli studenti avranno acquisito una conoscenza sufficientemente approfondita del linguaggio di programmazione C e di altri strumenti operativi utili per l'analisi dei dati e la loro rappresentazione grafica. Avranno acquisito le capacità necessarie per risolvere con il computer problemi di fisica di media difficoltà, sapendo implementare autonomamente algoritmi di una certa complessità.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere elementi avanzati di programmazione C (allocazione dinamica, struct, ricorsione)

OF 2) Conoscere algoritmi di base ed avanzati per l'integrazione delle equazioni differenziali ordinarie, per la generazione dei numeri pseudo aleatori e per lo studio di semplici processi stocastici (random walk, gas reticolare e percolazione)

OF 3) Comprendere un programma scritto in linguaggio C

B – Capacità applicative

OF 4) Essere in grado di implementare un algoritmo in linguaggio C

OF 5) Saper risolvere con l'uso del computer problemi di fisica di media difficoltà che sono descritti da equazioni differenziali o da un semplice processo stocastico

OF 6) Essere in grado di trovare gli errori in un programma scritto in linguaggio C (debugging) e saperli correggere

OF 7) Essere in grado di eseguire, con strumenti informatici, semplici analisi dei dati, eseguendo medie e il calcolo dell'errore per misure indipendenti, e la loro rappresentazione grafica

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Saper valutare autonomamente se un programma scritto in linguaggio C esegua correttamente un dato algoritmo e se tale implementazione sia efficiente

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper discutere le scelte effettuate nell'implementazione di un dato algoritmo in un programma scritto in linguaggio C

OF 10) Saper presentare in forma scritta i risultati dello studio di un problema fisico effettuato grazie all'uso del computer

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare la descrizione di un nuovo algoritmo o comprendere un programma in linguaggio C scritto da altri

1018972 |

ELETTROMAGNETISMO

2°

12

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

- Apprendimento dei fondamenti della teoria classica dell'elettromagnetismo, partendo dalle osservazioni sperimentali dei fenomeni elettrici e magnetici e giungendo alla formulazione completa dell'elettrodinamica classica in termini di equazioni di Maxwell e in termini dei potenziali elettrodinamici. Introduzione alla relatività ristretta a partire dai problemi posti dall'elettrodinamica e formulazione covariante dell'elettromagnetismo.

- Acquisizione di capacità di risolvere problemi di elettricità e magnetismo attraverso l'uso del calcolo vettoriale e differenziale.

**OBIETTIVI SPECIFICI:****A - Conoscenza e capacità di comprensione**

- Dimostrare di avere conoscenze e capacità di comprensione nel campo della fisica a livello post secondario, anche rispetto ad alcuni temi d'avanguardia dell'elettromagnetismo e della relatività ristretta, con il supporto di libri di testo avanzati.

**B – Capacità applicative**

- Essere in grado di applicare le conoscenze acquisite in modo competente e riflessivo; possedere competenze adeguate sia per ideare e sostenere argomentazioni, sia per risolvere problemi e applicare tecniche e metodi nell'ambito del elettromagnetismo.

**C - Autonomia di giudizio**

- Sviluppare la capacità di impostare, analizzare e risolvere problemi di fisica in forma autonoma.

**D – Abilità nella comunicazione**

- Comunicare informazioni, idee, problemi e soluzioni a interlocutori specialisti e non.

**E - Capacità di apprendere**

- Sviluppare le competenze necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

1022852 |  
LABORATORIO DI  
ELETTROMAGNETISMO  
E CIRCUITI

2°

6

ITA

**Insegnamento**

**Semestre**

**CFU**

**Lingua**

**Obiettivi formativi**

**OBIETTIVI GENERALI:**

L'obiettivo del corso è sia lo studio della teoria dei circuiti elettrici e degli elementi circuitali più comuni, che l'acquisizione della capacità di utilizzo ottimale degli strumenti di base per le misure elettriche: generatori di tensione e corrente, multimetro e oscilloscopio.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere la teoria dei circuiti in corrente continua

OF 2) Conoscere la teoria dei circuiti in corrente alternata

OF 3) Conoscere la teoria delle misure elettriche

B – Capacità applicative

OF 4) Saper risolvere semplici problemi con circuiti in corrente continua e in corrente alternata

OF 5) Essere in grado di eseguire misure di tensione, corrente e resistenze (multimetri)

OF 6) Essere in grado di eseguire misure all'oscilloscopio di tempi, tensioni e fasi di segnali

OF 7) Saper valutare e correggere gli effetti sistematici indotti dagli strumenti di misura

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Avere la capacità di valutare il miglior modo di eseguire una misura di tipo elettrico

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultati del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper discutere le caratteristiche e funzionalità di semplici circuiti elettrici

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare i manuali degli strumenti di misura

OF 12) Essere in grado di consultare i datasheet dei componenti elettrici

1018973 | MODELLI E  
METODI MATEMATICI  
DELLA FISICA

2°

12

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

## MODULO I

## OBIETTIVI GENERALI

Il corso si pone come obiettivo lo studio e la comprensione di tecniche matematiche avanzate. Lo studente al termine del corso avrà acquisito i concetti base dell'analisi complessa e dell'analisi funzionale e sarà in grado di applicarli allo studio di problemi di fisica classica (elettromagnetismo e mezzi continui) e quantistica. Le conoscenze acquisite in questo corso sono indispensabili per i corsi di Fisica del terzo anno.

## Obiettivi Specifici:

Introduzione ai concetti fondamentali dell'analisi complessa, i) che porti lo studente ad una approfondita conoscenza e comprensione degli stessi, e ii) che gli permetta di applicare con successo queste conoscenze ai vari ambiti della fisica. In particolare, lo studente deve essere in grado di usare tecniche di integrazione nel campo complesso per calcolare integrali rilevanti in fisica. Per ottenere tali finalità, e affinché lo studente sviluppi le capacità i) di comunicare quanto appreso, e ii) di proseguire lo studio in modo autonomo, si intende coinvolgerlo, durante le lezioni ed esercitazioni, attraverso quesiti di natura generale e specifica, legati agli argomenti trattati; oppure attraverso la presentazione, in aula, di approfondimenti concordati col docente.

## MODULO II

## Obiettivi Generali:

Il corso si pone come obiettivo lo studio e la comprensione di tecniche matematiche avanzate. Lo studente al termine del corso avrà acquisito i concetti base dell'analisi complessa e dell'analisi funzionale e sarà in grado di applicarli allo studio di problemi di fisica classica (elettromagnetismo e mezzi continui) e quantistica. Le conoscenze acquisite in questo corso sono indispensabili per i corsi di Fisica del terzo anno.

## Obiettivi Specifici:

Introduzione ai concetti fondamentali dell'analisi funzionale, i) che porti lo studente ad una approfondita conoscenza e comprensione degli stessi, e ii) che gli permetta di applicare con successo queste conoscenze ai vari ambiti della fisica. In particolare, lo studente deve essere in grado di utilizzare la serie di Fourier, le trasformate di Fourier e Laplace, e le distribuzioni nei vari contesti fisici nei quali trovano applicazioni; deve inoltre saper riconoscere e lavorare con spazi di Hilbert e con operatori su spazi funzionali di interesse fisico. Per ottenere tali finalità, e affinché lo studente sviluppi le capacità i) di comunicare quanto appreso, e ii) di proseguire lo studio in modo autonomo, si intende coinvolgerlo, durante le lezioni ed esercitazioni, attraverso quesiti di natura generale e specifica legati agli argomenti trattati; oppure attraverso la presentazione, in aula, di approfondimenti concordati col docente.

AAF1101 | LINGUA  
INGLESE

2°

3

ITA

**Obiettivi formativi**

Fornire agli studenti le basi linguistiche più comuni per orientarsi nell'ambito della comunicazione scientifica scritta.

**3° anno****Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua**1018852 | MECCANICA  
QUANTISTICA

1°

9

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Comprendere i concetti fisici alla base della meccanica quantistica.

OF 2) Comprendere la formalizzazione matematica necessaria per descrivere i sistemi quanto-meccanici

OF 3) Conoscere le principali evidenze sperimentali della crisi della meccanica classica

OF 4) Conoscere le proprietà di alcuni sistemi notevoli come l'oscillatore armonico e la particella in un campo Coulombiano

B – Capacità applicative

OF 5) Saper dedurre le conseguenze e le proprietà fisiche di un sistema governato da una dinamica quantistica

OF 6) Risolvere problemi di meccanica quantistica di varia natura

OF 7) Essere in grado di utilizzare i diversi metodi matematici per la risoluzioni di problemi

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Lo studente dovrà imparare a valutare la correttezza del ragionamento logico utilizzato nella risoluzione dei problemi e nelle dimostrazioni dei teoremi.

OF 9) L'assegnazione regolare di esercizi favorirà l'abitudine all'autovalutazione

OF 10) L'ampia letteratura suggerita favorirà l'iniziativa individuale ad approfondire alcuni degli argomenti trattati.

D – Abilità nella comunicazione

OF 11) L'acquisizione di adeguate competenze e strumenti per la comunicazione sarà verificata in occasione delle prove valutative. L'esame, sia scritto che orale, richiede che lo studente si esprima con linguaggio scientifico logicamente rigoroso.

E - Capacità di apprendere

OF 12) Il lavoro richiesto per questo corso è un primo passo utile per lo sviluppo di una mentalità flessibile, utile sia per studi più avanzati che per l'inserimento in diversi ambiti lavorativi.

1018853 | MECCANICA  
STATISTICA

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

**OBIETTIVI GENERALI:** Il primo ovvio obiettivo del Corso di Meccanica Statistica (MS) e' di introdurre gli studenti ai concetti fondamentali della materia in questione. In generale gli studenti devono comprendere come ottenere la descrizione termodinamica di un sistema macroscopico, note le sue leggi microscopiche. Queste conoscenze sono di ovvia importanza per il bagaglio culturale degli studenti e sono necessarie come base per il proseguimento degli studi in Fisica.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Concetti di base della MS di equilibrio e richiami di teoria della probabilità;

OF 2) regole di calcolo della MS Classica [ensembles microcanonico, canonico e gran canonico]; equivalenza delle differenti regole di calcolo con applicazioni a sistemi non interagenti.

OF 3) Cenni ai sistemi interagenti (equazione di van der Waals).

OF 4) Concetti fondamentali e regole di calcolo della MS Quantistica; applicazione ai gas perfetti quantistici e distribuzioni di Bose-Einstein e di Fermi-Dirac.

OF 5) Proprietà termodinamiche dei sistemi quantistici bosonici e fermionici; limiti di alta e bassa temperatura, espansione di Sommerfeld per i gas di Fermioni; calore specifico di un solido; teoria di Debye.

OF 6) Richiami di quantizzazione della radiazione elettromagnetica e radiazione di corpo nero.

B – Capacità applicative

OF 7) Il secondo obiettivo e' di mettere in grado gli studenti di affrontare attivamente problemi di fisica in cui sono necessari concetti di MS. Questo deve avvenire in primo luogo per problemi il cui schema concettuale sia già stato visto e applicato a lezione, ma, con l'avanzare della preparazione e della maturazione degli studenti, e' auspicabile che essi sappiano anche applicare i concetti della MS a problemi nuovi e in ambiti diversi.

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Il terzo, più ambizioso obiettivo, e' quindi di trasmettere agli studenti la capacità di pensare in termini probabilistici e statistici usando i concetti della MS come strumento di "problem solving" sia in ambito fisico che, eventualmente, in campi diversi e più ampi (sistemi fisici, sistemi economico-sociali, biologici, medici, ...).

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Alla chiarezza dei concetti acquisiti deve corrispondere anche la capacità dello studente di esprimere e raccontare in modo chiaro e diretto tali concetti.

E - Capacità di apprendere

OF 10) Avere la capacità di consultare autonomamente testi e articoli scientifici al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso descrive le basi della fisica nucleare e subnucleare attraverso lo studio delle principali scoperte che hanno contribuito alla moderna descrizione delle particelle e delle loro interazioni. La cinematica relativistica è utilizzata per analizzare le reazioni di produzione e i decadimenti delle particelle, applicando le leggi di conservazione dei numeri quantici. La natura dei decadimenti alfa e beta viene descritta tramite la meccanica non relativistica. Infine sono trattate le interazioni delle particelle nella materia e i principi di funzionamento dei rivelatori per la misura di energia ed impulso e l'identificazione delle particelle cariche.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere diversi tipi di interazioni fondamentali tra le particelle elementari

OF 2) Comprendere la cinematica di processi di produzione e decadimento

OF 3) Conoscere le reazioni nucleari di base e le proprietà energetiche

OF 4) Riconoscere e descrivere le principali interazioni delle particelle che attraversano la materia

B – Capacità applicative

OF 5) Calcolare proprietà cinematiche dei prodotti di decadimento e di urti tra particelle elementari, applicando le regole di selezione

OF 6) Calcolare l'energia persa dalle particelle elementari nel passaggio nella materia

OF 7) Calcolare la probabilità di decadimento e di interazione negli urti

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Essere in grado di applicare le conoscenze fornite per comprendere le principali scoperte nella fisica subnucleare nel XX secolo

OF 9) Comprendere il metodo sperimentali e le misure effettuate in alcuni degli esperimenti più importanti e celebri del XX secolo

D – Abilità nella comunicazione

OF 10) Saper discutere, a livello elementare, di fisica moderna per ciò che riguarda le interazioni fondamentali delle particelle.

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare articoli scientifici relativi alle misure discusse nel corso e capirne la metodologia e lo scopo

OF 12) Essere in grado di comprendere i processi di fisica di particelle elementari trattati nella Laurea Magistrale in Fisica, utilizzando le nozioni di cinematica e di leggi di conservazione di numeri quantici

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Scopo dei corsi è quello di consentire allo studente di arricchire le conoscenze dei corsi curriculari con argomenti di propria scelta.

1018976 | OTTICA E  
LABORATORIO

2°

9

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Nel corso viene fornita allo studente la conoscenza dei principi e delle leggi fondamentali dell'ottica fisica classica con particolare riguardo alla loro applicazione ai fenomeni quali l'interferenza e la diffrazione, nonché ai fenomeni legati alla polarizzazione della luce. Il corso prevede lo studio di questi fenomeni in laboratorio con l'utilizzo di strumentazione didattica avanzata.

Lo studente sarà in grado di utilizzare i principi base dell'ottica fisica per la soluzione di problemi relativi alle conoscenze acquisite. Al termine del corso gli studenti svilupperanno doti di ragionamento quantitativo e abilità di risoluzione utili per studiare, modellizzare e comprendere i fenomeni relativi alla propagazione della luce e alla sua interazione con la materia a livello di base.

Inoltre, grazie all'esecuzione di esperimenti in laboratorio, lo studente svilupperà l'abilità pratica a utilizzare strumentazione ottica nonché trasmettere le osservazioni effettuate attraverso relazioni scientifiche ad avere l'opportunità di un'interazione diretta con il docente durante gli esperimenti.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere i fondamenti dell'ottica fisica (propagazione delle onde elettromagnetiche)

OF 2) Conoscere i fondamenti dell'ottica nei mezzi lineari (mezzi dielettrici isotropi ed anisotropi)

OF 3) Comprendere il linguaggio dell'ottica

B – Capacità applicative

OF 4) Essere in grado di montare semplici esperimenti di ottica

OF 5) Saper allineare un interferometro ottico

OF 6) Essere in grado di eseguire misure di intensità luminosa (fotodiodi)

OF 7) Essere in grado di misurare e controllare lo stato di polarizzazione della luce

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Avere la capacità di valutare il miglior modo di eseguire una misura sperimentale

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto i risultati del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper discutere le caratteristiche e funzionalità di semplici apparati ottici

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare datasheet di strumentazione ottica

OF 12) Essere in grado di ideare e sviluppare un progetto di semplici schemi ottici

1012093 | STRUTTURA  
DELLA MATERIA

2°

6

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso si pone come obiettivo lo studio dei fondamenti struttura della materia, fornendo le basi della fisica atomica e molecolare, con una introduzione elementare alla fisica dei solidi, a partire dalle conoscenze e metodologie della meccanica quantistica. Lo studente al termine del corso avrà acquisito i concetti base per la determinazione degli autovalori energetici e autostati di sistemi atomici e molecolari in presenza di campi esterni. Le conoscenze acquisite in questo corso sono indispensabili per i corsi più avanzati di materia condensata e fisica dei solidi.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere i fondamenti della fisica atomica e molecolare, e le basi della fisica dei solidi.

OF 2) Comprendere gli spettri energetici e gli autostati di sistemi atomici, molecolari e solidi.

OF 3) Comprendere i principi dell'interazione tra radiazione e materia

B – Capacità applicative

OF 4) Imparare ad applicare i principi della meccanica quantistica per la descrizione del comportamento di atomi e molecole

OF 5) Risolvere problemi legati al calcolo degli spettri atomici e molecolari

OF 6) Essere in grado di applicare tecniche perturbative e variazionali per il calcolo degli autostati di atomi e molecole

C - Autonomia di giudizio

OF 7) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite al fine di applicarle successivamente nel contesto più generale della fisica della materia condensata

D – Abilità nella comunicazione

OF 8) Saper comunicare i passaggi salienti necessari alla soluzione di problemi elementari inerenti la struttura della materia

E - Capacità di apprendere

OF 9) Avere la capacità di consultare autonomamente testi di base e in qualche caso articoli scientifici al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.

1012075 | FISICA  
NUCLEARE E  
SUBNUCLEARE I

2°

6

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso descrive le basi della fisica nucleare e subnucleare attraverso lo studio delle principali scoperte che hanno contribuito alla moderna descrizione del nucleo atomico, delle particelle elementari e delle loro interazioni. La cinematica relativistica è utilizzata per analizzare le reazioni di produzione e i decadimenti delle particelle, applicando le leggi di conservazione dei numeri quantici. La natura dei decadimenti alfa e beta viene descritta tramite la meccanica non relativistica. Infine sono trattate le interazioni delle particelle nella materia e i principi di funzionamento dei rivelatori per la misura di energia ed impulso e l'identificazione delle particelle cariche.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere diversi tipi di interazioni fondamentali tra le particelle elementari

OF 2) Comprendere la cinematica di processi di produzione e decadimento

OF 3) Conoscere le reazioni nucleari di base e le proprietà energetiche

OF 4) Riconoscere e descrivere le principali interazioni delle particelle che attraversano la materia

B – Capacità applicative

OF 5) Calcolare proprietà cinematiche dei prodotti di decadimento e di urti tra particelle elementari, applicando le regole di selezione

OF 6) Calcolare l'energia persa dalle particelle elementari nel passaggio nella materia

OF 7) Calcolare la probabilità di decadimento e di interazione negli urti

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Essere in grado di applicare le conoscenze fornite per comprendere le principali scoperte nella fisica nucleare e subnucleare nel XX secolo

OF 9) Comprendere il metodo sperimentali e le misure effettuate in alcuni degli esperimenti più importanti e celebri del XX secolo

D – Abilità nella comunicazione

OF 10) Saper discutere, a livello elementare, la fisica delle interazioni fondamentali delle particelle e gli aspetti di base della struttura dei nuclei.

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare articoli scientifici relativi alle misure discusse nel corso e capirne la metodologia e lo scopo

OF 12) Essere in grado di comprendere i processi di fisica di particelle elementari trattati nella Laurea Magistrale in Fisica, utilizzando le nozioni di cinematica e di leggi di conservazione di numeri quantici

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Scopo dei corsi è quello di consentire allo studente di arricchire le conoscenze dei corsi curriculari con argomenti di propria scelta.

AAF1001 | prova finale

2°

3

ITA

**Obiettivi formativi**

La prova finale consiste nella presentazione di una relazione sul lavoro svolto durante l'attività di stage/tesi. Nell'approssimarsi a questo appuntamento lo studente sviluppa abilità di presentazione e difesa del proprio lavoro davanti ad un pubblico attento ed informato sugli argomenti in discussione.

[Astrofisica](#)**1° anno****Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua**

**Obiettivi formativi**

## Obiettivi Formativi

## Obiettivi generali:

acquisire conoscenze di base sui sistemi lineari, sugli spazi vettoriali, sulle applicazioni lineari, sulle forme bilineari simmetriche e sulle forme hermitiane.

## Obiettivi specifici:

Conoscenza e comprensione: al termine del corso lo studente avrà acquisito le nozioni e i risultati di base relativi alla risoluzione di sistemi lineari e all'interpretazione geometrica delle loro soluzioni, al calcolo matriciale, alla teoria degli spazi vettoriali e delle applicazioni lineari tra essi, con particolare attenzione al caso degli endomorfismi di uno spazio vettoriale e delle decomposizioni in autospazi ad essi associate.

Applicare conoscenza e comprensione: al termine del corso lo studente sarà in grado di risolvere sistemi di equazioni lineari in un arbitrario numero (finito) di variabili, di riconoscere problemi matematici rappresentati da applicazioni lineari tra spazi vettoriali e utilizzare questo fatto per la loro risoluzione; sarà in grado di operare con le matrici e di stabilire la risolubilità di un sistema lineare e l'invertibilità di un'applicazione lineare mediante considerazioni sul rango e mediante il calcolo del determinante delle matrici associate; inoltre sarà in grado di calcolare gli autovalori di un endomorfismo lineare e determinare la decomposizione in autospazi ad esso associata.

Capacità critiche e di giudizio: lo studente avrà le basi per analizzare le analogie e le relazioni tra gli argomenti trattati in questo corso e gli argomenti trattati nei corsi successivi come Meccanica e Analisi Vettoriale.

Capacità comunicative: capacità di esporre i contenuti nella parte orale della verifica e negli eventuali quesiti teorici presenti nella prova scritta.

Capacità di apprendimento: le conoscenze acquisite permetteranno lo studio dei successivi corsi della laurea triennale in Fisica.

**Obiettivi formativi**

## Obiettivi generali:

acquisire conoscenze di base del Calcolo Differenziale ed Integrale in una variabile reale, del Calcolo Differenziale in più variabili reali e delle equazioni differenziali ordinarie lineari ed alcune non lineari di primo e secondo grado.

## A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Calcolo Integrale in una variabile, Calcolo Differenziale in più variabili e tecniche per risolvere equazioni differenziali ordinarie

## B – Capacità applicative

OF 2) Saper applicare i concetti analitici a problemi della Meccanica Classica

## C - Autonomia di giudizio

OF 3) Nelle sessioni di esercitazione sarà stimolata la capacità di risoluzione autonoma di problemi con approccio logico-deduttivo

## D – Abilità nella comunicazione

OF 4) Sarà curata l'interazione e la collaborazione tra studenti e con il docente durante le esercitazioni

## E - Capacità di apprendere

OF 5) Cenni/collegamenti a concetti in futuri Corsi e cura del rigore analitico forniranno autonomia di studio e consapevolezza

## Obiettivi formativi

Laboratorio di Calcolo è un corso base di programmazione e di introduzione ai metodi numerici che vengono utilizzati in fisica. L'approccio è pratico e mira ad insegnare i concetti fondamentali della programmazione con una forte enfasi sulla attività laboratoriale. Rappresenta un importante veicolo per sviluppare le abilità analitiche e di problem-solving degli studenti. Più precisamente, il corso mira a fornire agli studenti abilità che saranno rilevanti per molti anni in futuro. Pertanto lo scopo principale del corso non è quello di fornire una educazione dettagliata in quelli che sono oggi, sul mercato o nella ricerca in Fisica, i principali strumenti di programmazione. Piuttosto mira a insegnare i principi generali che sono alla base di qualsiasi linguaggio di programmazione. La programmazione è un argomento pratico: lo scopo del corso è quello di insegnare agli studenti a scrivere semplici programmi effettivamente funzionanti. Le abilità che sono alla base della programmazione sono essenzialmente astratte ed è perciò cruciale riuscire a vedere strutture e schemi generali a partire da esempi specifici. E' anche essenziale essere in grado di pensare in modo logico e razionale, in modo da essere in grado di predire il comportamento di un sistema che si comporta secondo un set rigido e fisso di regole. Queste abilità sono sviluppate attraverso le attività pratiche ed infatti il corso utilizza un metodo di insegnamento basato sulla soluzione dei problemi. Scopo aggiuntivo del corso è quello di insegnare le buone pratiche di lavoro: autostima, buon utilizzo del tempo, agire e pensare in modo razionale, imparare ad interagire con altri collaboratori. Alla fine del corso, lo studente avrà appreso il linguaggio C, il sistema operativo Linux e rudimenti di Python, come strumenti puramente funzionali allo sviluppo delle sue capacità di analisi e di descrizione di algoritmi usati per risolvere problemi di fisica. Conoscerà alcuni metodi di calcolo numerico tipici della fisica e li applicherà scrivendo semplici programmi.

### OBIETTIVI SPECIFICI:

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Acquisire abilità logico-computazionali

OF 2) Acquisire i principi generali che sono alla base di qualsiasi linguaggio di programmazione.

OF 3) Comprendere i principi di funzionamento di un computer

OF 4) Comprendere algoritmi e metodi di calcolo numerico per risolvere problemi di tipo scientifico

B – Capacità applicative

OF 5) Risolvere problemi logici e/o analitici, nonché semplici casi di fisica generale elaborando algoritmi ottimali ed efficienti.

OF 6) Essere in grado di scrivere semplici programmi in C o in Python effettivamente funzionanti

C - Autonomia di giudizio

OF 7) Essere in grado di individuare strutture e schemi generali a partire da esempi specifici

D – Abilità nella comunicazione

OF 8) Saper interagire e collaborare con gli altri nel processo di problem-solving attraverso una comunicazione adeguata di idee, intuizioni e conoscenze

E - Capacità di apprendere

OF 9) Avere la capacità di apprendere nuovi algoritmi per risolvere problemi scientifici

OF 10) Capacità di apprendere nuove tecniche e linguaggi di programmazione

AAF1137 | ABILITA'  
INFORMATICHE

1°

3

ITA

## Obiettivi formativi

L'obiettivo è dare agli studenti la capacità pratica di utilizzare un moderno calcolatore personale ed eseguire le operazioni elementari di utilizzo (accensione, spegnimento, gestione dati e programmi), su sistema operativo proprietario oppure open source.

10611945 |  
LABORATORIO DI  
MECCANICA

1°

12

ITA

## Obiettivi formativi

### OBIETTIVI GENERALI:

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

### OBIETTIVI SPECIFICI:

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultato del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

## Obiettivi formativi

### OBIETTIVI GENERALI:

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

### OBIETTIVI SPECIFICI:

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto i risultati del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

## Obiettivi formativi

### OBIETTIVI GENERALI:

- OF 1) insegnare agli studenti le leggi fondamentali della meccanica e la loro applicazione a situazioni del mondo reale
- OF 2) sviluppare le abilità di problem-solving utilizzando un approccio che descriva i fenomeni fisici, combinando metodi, formule matematiche ed intuizione fisica
- OF 3) sviluppare le capacità matematiche nel derivare soluzioni numeriche corrette che possono essere direttamente confrontate con situazioni e misure del mondo reale.

### OBIETTIVI SPECIFICI:

- A - Conoscenza e capacità di comprensione
- OF 4) Conoscere le leggi fondamentali della meccanica
- OF 5) Conoscere le leggi di conservazione in fisica e le loro implicazioni
- OF 6) Comprendere il testo di un esercizio di fisica
- B – Capacità applicative
- OF 7) Formalizzare un problema di fisica utilizzando gli strumenti dell'algebra, della geometria e dell'analisi
- OF 8) Risolvere un problema di fisica in modo coerente, sia dal punto di vista formale che quantitativo
- OF 9) Avere la capacità di valutare gli effetti dominanti in un problema fisico
- C - Autonomia di giudizio
- OF 10) Essere in grado di stabilire se una relazione tra grandezze fisiche o una legge sono corrette, anche da un punto di vista dimensionale
- OF 11) Sviluppo di doti di ragionamento quantitativo e abilità di risoluzione analitica utili per studiare, modellizzare e comprendere i principi fondamentali della meccanica
- D – Abilità nella comunicazione
- OF 12) Saper parlare di fisica usando termini appropriati
- OF 13) Saper semplificare un problema complesso, isolando i contributi più rilevanti.
- E - Capacità di apprendere
- OF 14) Avere la capacità di consultare un testo che parla di fisica

1022782 | CHIMICA

2°

6

ITA

## Obiettivi formativi

Il corso di Chimica intende fornire una panoramica d'insieme della chimica, della struttura e reattività dei composti chimici. Poiché il corso si rivolge a studenti di eterogenea provenienza pre-universitaria, tutti gli argomenti sono affrontati in modo semplice. Lo scopo del corso è soprattutto quello di portare gli studenti a ragionare su un problema chimico, cercando di trasmettere un metodo di generale applicabilità per la loro risoluzione.

Nello specifico, al termine del corso, attraverso lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche, lo studente dovrà aver acquisito un'adeguata conoscenza e comprensione dei concetti di base della Chimica Generale con particolare riferimento alla composizione, struttura e proprietà delle varie forme della materia e delle leggi che descrivono i cambiamenti ai quali essa va soggetta. Inoltre, lo studente dovrà essere in grado di risolvere esercizi numerici inerenti.

Il superamento della prova d'esame richiederà allo studente l'acquisizione di un'adeguata capacità critica, nonché di autonomia di giudizio. Essa sarà raggiunta attraverso lo studio personale ed autonomo dei testi consigliati e delle lezioni teoriche proposte dal docente e tramite lo svolgimento di adeguati esercizi numerici.

Il corso si pone anche come obiettivo quello di migliorare le capacità comunicative: lo studente dovrà essere in grado di esporre e spiegare, in maniera semplice ma rigorosa, i processi chimici di base, sia in forma scritta che orale, anche a interlocutori non esperti.

Infine, lo studente dovrà essere in grado di collegare ed integrare le conoscenze acquisite con quelle che acquisirà successivamente, attraverso la lettura di testi e/o articoli scientifici.

10611945 |  
LABORATORIO DI  
MECCANICA

2°

12

ITA

## Obiettivi formativi

### OBIETTIVI GENERALI:

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

### OBIETTIVI SPECIFICI:

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultato del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

## Obiettivi formativi

### OBIETTIVI GENERALI:

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

### OBIETTIVI SPECIFICI:

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultato del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

## 2° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
1018970   ANALISI VETTORIALE	1°	9	ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso intende fornire gli elementi fondamentali del calcolo differenziale ed integrale per funzioni di più variabili necessari per la comprensione delle principali discipline scientifiche, con particolare attenzione alle scienze fisiche.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere i principi del calcolo differenziale e integrale in più variabili

OF 2) Conoscere la teoria dei campi vettoriali e delle forme differenziali lineari

OF 3) Comprendere la teoria di base delle equazioni differenziali

B – Capacità applicative

OF 4) Trattare problemi che coinvolgono funzioni scalari di più variabili (ad es: ottimizzazione; calcolo di aree e volumi), campi vettoriali (ad es.: calcolo del lavoro e del flusso) ed equazioni differenziali (ad es. risoluzione e studio qualitativo delle soluzioni)

C - Autonomia di giudizio

OF 5) Avere gli strumenti essenziali per successivi approcci all'analisi funzionale, alla teoria di una variabile complessa, alla teoria della misura, alla meccanica Quantistica.

OF 6) Saper affrontare autonomamente nuovi problemi, applicando gli strumenti

matematici appresi a fenomeni o processi che si incontreranno nel corso di studi e nelle attività lavorative successive.

D – Abilità nella comunicazione

OF 7) Saper comunicare utilizzando propriamente il linguaggio matematico

E - Capacità di apprendere

OF 8) Approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso

1018971 |  
TERMODINAMICA E  
LABORATORIO

1°

9

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso si pone come obiettivo per gli studenti di acquisire la conoscenza delle leggi della termodinamica. Gli studenti comprenderanno come queste leggi fondamentali si applichino a semplici sistemi sia ideali (gas perfetti, macchine ideali) che reali (modello di gas reale, macchine termiche reali). Con le esperienze di laboratorio, gli studenti applicheranno le leggi studiate ed acquisiranno conoscenze pratiche sulla misura di grandezze termodinamiche (temperatura, calore, pressione). Inoltre acquisiranno pratica con l'uso di sistemi da vuoto e relativa strumentazione.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi della termodinamica.

OF 2) Comprendere sistemi termodinamici e loro interazioni con l'ambiente circostante.

OF 3) Conoscere le leggi e le grandezze della natura come entropia.

OF 4) Comprendere termodinamica dei sistemi reali.

OF 5) Conoscere i fenomeni di trasporto a livello molecolare.

....

B – Capacità applicative

OF 6) Saper dedurre relazione tra le grandezze termodinamiche fondamentali.

OF 7) Risolvere problemi di termodinamica dei sistemi ideali e reali.

OF 8) Essere in grado di applicare tecniche/metodi per le misure delle grandezze fondamentali.

...

C - Autonomia di giudizio

OF 9) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite al fine di applicare successivamente nel contesto più generale per le macchine termiche.

...

D – Abilità nella comunicazione

OF 10) Saper comunicare la presentazione delle grandezze termodinamiche con le loro incertezze.

...

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare e valutare la letteratura scientifica per approfondire in modo autonomo gli argomenti del corso.

OF 12) Essere in grado di ideare e sviluppare un progetto relativo alle macchine termiche.

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso si prefigge di far comprendere gli aspetti fondamentali della meccanica Lagrangiana e Hamiltoniana. Al termine del corso, gli studenti dovranno essere in grado di applicare i concetti appresi per risolvere problemi di meccanica Lagrangiana/Hamiltoniana.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi della meccanica Lagrangiana

OF 2) Conoscere le basi della meccanica Hamiltoniana

OF 3) Sviluppare la capacità di applicare metodi matematici alla modellizzazione dei sistemi fisici

B – Capacità applicative

OF 4) Saper descrivere un sistema meccanico vincolato con un numero finito di gradi di libertà in termini di variabili lagrangiane, determinandone la funzione Lagrangiana e le equazioni di Eulero-Lagrange

OF 5) Saper descrivere un sistema meccanico vincolato con un numero finito di gradi di libertà in termini di variabili hamiltoniane, determinandone la funzione Hamiltoniana e le equazioni di Hamilton

OF 6) Saper studiare le proprietà di equilibrio, stabilità, le piccole oscillazioni e le principali simmetrie di un sistema utilizzando le tecniche della meccanica Lagrangiana

OF 7) Saper risolvere semplici problemi relativi alle trasformazioni canoniche nei sistemi Hamiltoniani

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite in Meccanica Lagrangiana al fine di applicarle successivamente in diversi contesti di Fisica Teorica (Meccanica Quantistica, Meccanica Statistica, Teoria dei Campi, ecc...)

OF 9) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite in Meccanica Hamiltoniana al fine di applicarle successivamente in diversi contesti di Fisica Teorica (Meccanica Quantistica, Meccanica Statistica, Teoria dei Campi, ecc...)

D – Abilità nella comunicazione

E - Capacità di apprendere

OF 10) Avere la capacità di consultare libri di testo avanzati al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Scopo dei corsi è quello di consentire allo studente di arricchire le conoscenze dei corsi curriculari con argomenti di propria scelta.

1018972 |  
ELETTROMAGNETISMO

2°

12

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

- Apprendimento dei fondamenti della teoria classica dell'elettromagnetismo, partendo dalle osservazioni sperimentali dei fenomeni elettrici e magnetici e giungendo alla formulazione completa dell'elettrodinamica classica in termini di equazioni di Maxwell e in termini dei potenziali elettrodinamici. Introduzione alla relatività ristretta a partire dai problemi posti dall'elettrodinamica e formulazione covariante dell'elettromagnetismo.

- Acquisizione di capacità di risolvere problemi di elettricità e magnetismo attraverso l'uso del calcolo vettoriale e differenziale.

**OBIETTIVI SPECIFICI:****A - Conoscenza e capacità di comprensione**

- Dimostrare di avere conoscenze e capacità di comprensione nel campo della fisica a livello post secondario, anche rispetto ad alcuni temi d'avanguardia dell'elettromagnetismo e della relatività ristretta, con il supporto di libri di testo avanzati.

**B – Capacità applicative**

- Essere in grado di applicare le conoscenze acquisite in modo competente e riflessivo; possedere competenze adeguate sia per ideare e sostenere argomentazioni, sia per risolvere problemi e applicare tecniche e metodi nell'ambito dell'elettromagnetismo.

**C - Autonomia di giudizio**

- Sviluppare la capacità di impostare, analizzare e risolvere problemi di fisica in forma autonoma.

**D – Abilità nella comunicazione**

- Comunicare informazioni, idee, problemi e soluzioni a interlocutori specialisti e non.

**E - Capacità di apprendere**

- Sviluppare le competenze necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

1022852 |  
LABORATORIO DI  
ELETTROMAGNETISMO  
E CIRCUITI

2°

6

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

L'obiettivo del corso è sia lo studio della teoria dei circuiti elettrici e degli elementi circuitali più comuni, che l'acquisizione della capacità di utilizzo ottimale degli strumenti di base per le misure elettriche: generatori di tensione e corrente, multimetro e oscilloscopio.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere la teoria dei circuiti in corrente continua

OF 2) Conoscere la teoria dei circuiti in corrente alternata

OF 3) Conoscere la teoria delle misure elettriche

B – Capacità applicative

OF 4) Saper risolvere semplici problemi con circuiti in corrente continua e in corrente alternata

OF 5) Essere in grado di eseguire misure di tensione, corrente e resistenze (multimetri)

OF 6) Essere in grado di eseguire misure all'oscilloscopio di tempi, tensioni e fasi di segnali

OF 7) Saper valutare e correggere gli effetti sistematici indotti dagli strumenti di misura

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Avere la capacità di valutare il miglior modo di eseguire una misura di tipo elettrico

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultati del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper discutere le caratteristiche e funzionalità di semplici circuiti elettrici

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare i manuali degli strumenti di misura

OF 12) Essere in grado di consultare i datasheet dei componenti elettrici

1038352 | MODELLI E  
METODI MATEMATICI  
DELLA FISICA

2°

9

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Introdurre gli studenti ai concetti fondamentali dell'analisi complessa e funzionale e stimolare la capacità dello studente di individuarne le applicazioni nell'ambito di problemi fisici.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le proprietà' delle funzioni analitiche.

OF 2) Comprendere la natura delle singolarità' delle funzioni analitiche.

OF 3) Conoscere le proprietà' degli spazi di Banach e Hilbert.

OF 4) Conoscere gli sviluppi in serie di Fourier, le trasformate di Fourier ed elementi di teoria delle distribuzioni

OF 5) Comprendere la dimostrazione dei teoremi che sono alla base delle proprietà' citate nei punti precedenti.

....

B – Capacità applicative

OF 6) Essere in grado di studiare il comportamento di una funzione analitica

OF 7) Calcolo di integrali sul piano complesso col metodo dei residui.

OF 8) Calcolo di serie di Fourier, trasformate di Fourier e distribuzioni.

E - Capacità di apprendere

OF 9) Avere la capacità' di consultare un testo che abbia come prerequisiti le nozioni fondamentali di analisi complessa e analisi funzionale.

AAF1101 | LINGUA  
INGLESE

2°

3

ITA

**Obiettivi formativi**

Fornire agli studenti le basi linguistiche più comuni per orientarsi nell'ambito della comunicazione scientifica scritta.

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
1038470   ASTRONOMIA	2°	6	ITA

#### Obiettivi formativi

##### OBIETTIVI GENERALI:

Il corso si pone l'obiettivo di fornire le conoscenze di base dell'astronomia moderna. Dopo una prima parte dedicata al sistema solare e ai suoi pianeti, verranno illustrati i vari tipi di coordinate astronomiche e i metodi principali per la determinazione delle distanze. Buona parte del corso è dedicata ad una introduzione alla classificazione ed evoluzione stellare, allo studio dello spettro elettromagnetico delle stelle e alle equazioni della struttura stellare. Verranno quindi fornite conoscenze riguardo alla struttura della nostra galassia, ai vari tipi di galassie e alla loro distribuzione nell'universo. Il corso si conclude con richiami di cosmologia moderna.

##### OBIETTIVI SPECIFICI:

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere la struttura e la composizione del Sistema Solare.

OF 2) Conoscere i vari tipi di coordinate celesti, gli effetti perturbativi e i vari metodi per la determinazione delle distanze.

OF 3) Conoscere le basi per l'evoluzione stellare e il diagramma di Hertzsprung-Russell.

B – Capacità applicative

OF 4) Saper dedurre le proprietà fisiche principali di una stella a partire dal suo spettro elettromagnetico.

C - Autonomia di giudizio

OF 5) Essere in grado di comprendere le attuali teorie riguardo la struttura e la composizione degli oggetti celesti.

D – Abilità nella comunicazione

E - Capacità di apprendere

OF 6) Avere la capacità di consultare articoli scientifici al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.

#### 3° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
10616298   MECCANICA QUANTISTICA E STATISTICA	1°	12	ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Lo scopo del corso è di introdurre le nozioni di base della meccanica quantistica non-relativistica e della meccanica statistica e illustrare la loro applicazione in sistemi fisici. Al termine del corso gli studenti avranno compreso i concetti base di entrambe le teorie e saranno in grado di risolvere l'equazione di Schrodinger e calcolare la funzione di partizione per semplici modelli di particelle non interagenti e ricavarne le corrispondenti proprietà fisiche.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi della meccanica quantistica nonrelativistica per particella singola o sistemi di particelle noninteragenti.

OF 2) Comprendere la nozione di spin e la composizione dei momenti angolari.

OF 3) Conoscere la teoria delle perturbazioni dipendenti e indipendenti dal tempo, anche in presenza di degenerazione.

OF 4) Comprendere la connessione tra spin di un sistema di particelle e simmetria dello stato quantistico per scambio delle medesime.

OF 5) Conoscere le basi della meccanica statistica per sistemi di particelle noninteragenti classiche e quantistiche.

OF 6) Comprendere le nozioni di micro e macrostato e quella di stato di equilibrio nel caso degli ensemble microcanonico, canonico e grancanonico.

OF 7) Conoscere le principali funzioni di stato della meccanica statistica e le relazioni mutue.

B – Capacità applicative

OF 8) Saper affrontare problemi concettuali relativi agli argomenti considerati

OF 9) Risolvere problemi semplici in modo analitico.

OF 10) Saper impostare un problema al fine di una ipotetica soluzione numerica.

C - Autonomia di giudizio

OF 11) Essere in grado di collegare, in modo bidirezionale, le soluzioni matematiche dei problemi alle proprietà fisiche dei sistemi corrispondenti.

D – Abilità nella comunicazione

OF 12) Saper indicare in modo sintetico ma esaustivo le soluzioni dei problemi e la logica sottostante.

E - Capacità di apprendere

OF 13) Avere la capacità di consultare testi diversi da quello di riferimento che fanno uso di notazioni differenti.

1038469 | ASTROFISICA

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso, di carattere introduttivo e generale, si pone l'obiettivo di far conoscere i meccanismi e fenomeni fisici più importanti in opera nell'universo, siano essi stellari, interstellari, galattici, extragalattici o cosmologici. Particolare attenzione è posta sulla schematizzazione dei fenomeni astrofisici e cosmologici, e sull'uso delle leggi della fisica per interpretare osservazioni astrofisiche e cosmologiche.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere la fenomenologia stellare e la sua interpretazione in termini di meccanismi fisici di produzione di energia. Capire l'evoluzione stellare, governata dalle equazioni fondamentali della struttura stellare.

OF 2) Conoscere la fenomenologia del mezzo interstellare (plasma, gas e polveri) e comprenderla tramite lo studio dei meccanismi fisici di emissione e assorbimento.

OF 3) Conoscere la fenomenologia della Galassia e delle galassie nell'universo, e comprenderla tramite la comprensione dei meccanismi fisici in azione.

OF 4) Conoscere la fenomenologia cosmologica, le diverse osservabili e il loro uso nella costruzione di un modello fisico dell'universo a grande scala. Capire l'evoluzione cosmologica dell'universo in approssimazione isotropa e omogenea, usando la fisica ed in particolare la gravitazione.

B – Capacità applicative

OF 5) Saper interpretare le misure di tipo astrofisico e cosmologico, ed utilizzarle per vincolare il modello fisico del sistema osservato, deducendone la natura.

C - Autonomia di giudizio

OF 6) Padroneggiare le conoscenze acquisite al fine di applicarle nella soluzione di problemi di base di astrofisica e cosmologia, e nella comprensione della letteratura specialistica di settore.

D – Abilità nella comunicazione

E - Capacità di apprendere

OF 7) Avere la capacità di consultare articoli scientifici al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
10599983   LABORATORIO DI ASTROFISICA	1°	9	ITA

#### Obiettivi formativi

**OBIETTIVI GENERALI:** Lo scopo di questo corso è quello di promuovere la conoscenza delle tecniche di rivelazione di radiazione astronomica, della strumentazione necessaria per rivelazioni astrofisiche, e della scelta delle osservabili astronomiche. Il corso inoltre si prefigge lo scopo di utilizzare, e di comprenderne l'utilizzo e le limitazioni, la strumentazione di laboratorio astronomica in banda visibile e banda radio. Lo studente capirà l'importanza delle calibrazioni e delle tecniche di mitigazione del rumore attraverso una serie di esperienze sia in laboratorio che all'telescopio ottico didattico TACOR (sul tetto dell'edificio Fermi) e utilizzando una antenna per microonde installata sul tetto dell'edificio Marconi. Verranno presentati i concetti fondamentali di ottica astronomica, elettronica, teoria dei segnali, criogenia, interferometria, spettroscopia, polarimetria, e lo stato dell'arte della strumentazione in astronomia radio, mm/sub-mm, IR, ottica, UV, X, gamma.

#### OBIETTIVI SPECIFICI:

A -Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere i fondamenti delle osservazioni astronomiche

OF 2) Conoscere i fondamenti del funzionamento di rivelatori di radiazione astrofisica

OF 3) Comprendere l'utilizzo di tecniche di rivelazione di radiazione astrofisica

B –Capacità applicative

OF 4) Saper dedurre le caratteristiche di un'osservazione astrofisica

OF 5) Risolvere problemi legati al rumore

OF 6) Essere in grado di applicare tecniche/metodi di riduzione del rumore

C -Autonomia di giudizio

OF 7) Essere in grado di valutare il miglior modo per eseguire una misura

OF 8) Integrare le conoscenze acquisite al fine di stabilire la miglior tecnica osservativa D –Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto in relazioni di laboratorio i risultati del proprio lavoro

OF 10) Saper comunicare riguardo problemi noti e non noti

E -Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare datasheet di componenti elettronici

OF 12) Avere la capacità di valutare l'adeguatezza di uno strumento per astrofisica

OF 13) Essere in grado di ideare e sviluppare un progetto di carattere astronomico

LABORATORIO DI ASTROFISICA I	1°	6	ITA
---------------------------------	----	---	-----

**Obiettivi formativi**

**OBIETTIVI GENERALI:** Lo scopo di questo corso è quello di promuovere la conoscenza delle tecniche di rivelazione di radiazione astronomica, della strumentazione necessaria per rivelazioni astrofisiche, e della scelta delle osservazioni astronomiche. Il corso inoltre si prefigge lo scopo di utilizzare, e di comprenderne l'utilizzo e le limitazioni, la strumentazione di laboratorio astronomica in banda visibile e banda radio. Lo studente capirà l'importanza delle calibrazioni e delle tecniche di mitigazione del rumore attraverso una serie di esperienze sia in laboratorio che all'telescopio ottico didattico TACOR (sul tetto dell'edificio Fermi) e utilizzando una antenna per microonde installata sul tetto dell'edificio Marconi.

Verranno presentati i concetti fondamentali di ottica astronomica, elettronica, teoria dei segnali, criogenia, interferometria, spettroscopia, polarimetria, e lo stato dell'arte della strumentazione in astronomia radio, mm/sub-mm, IR, ottica, UV, X, gamma.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere i fondamenti delle osservazioni astronomiche

OF 2) Conoscere i fondamenti del funzionamento di rivelatori di radiazione astrofisica

OF 3) Comprendere l'utilizzo di tecniche di rivelazione di radiazione astrofisica

B – Capacità applicative

OF 4) Saper dedurre le caratteristiche di un'osservazione astrofisica

OF 5) Risolvere problemi legati al rumore

OF 6) Essere in grado di applicare tecniche/metodi di riduzione del rumore

C - Autonomia di giudizio

OF 7) Essere in grado di valutare il miglior modo per eseguire una misura

OF 8) Integrare le conoscenze acquisite al fine di stabilire la miglior tecnica osservativa

OF 9) Saper comunicare per iscritto in relazioni di laboratorio i risultati del proprio lavoro

OF 10) Saper comunicare riguardo problemi noti e non noti

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare i datasheet di componenti elettronici

OF 12) Avere la capacità di valutare l'adeguatezza di uno strumento per astrofisica

OF 13) Essere in grado di ideare e sviluppare un progetto di carattere astronomico

1039018 |

FLUIDODINAMICA PER  
L'ASTROFISICA

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso si pone l'obiettivo di dare un'introduzione estesa e matematicamente corretta alla dinamica dei fluidi (gas, liquidi, plasmi) in un contesto fisico e astrofisico.

Al termine del corso gli studenti disporranno dei mezzi fisici e matematici per comprendere la costituzione dei fluidi, la loro dinamica e emergenti in contesto terrestre e astrofisico.

Durante il corso vengono svolti esercizi applicativi sia teorici che numerici.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le equazioni costitutive della dinamica dei fluidi.

OF 2) Comprendere i processi fisici che determinano la dinamica dei fluidi e i loro processi energetici.

OF 3) Conoscere le differenze tra la fluidodinamica terrestre e quella astrofisica.

B – Capacità applicative

OF 4) Saper utilizzare le conoscenze teoriche acquisite alla spiegazione e interpretazione dei fenomeni di dinamica dei fluidi in contesto terrestre e astrofisico.

C - Autonomia di giudizio

OF 5) Essere in grado di valutare la coerenza tra le soluzioni matematiche e la realtà fisica dei fenomeni in oggetto.

D – Abilità nella comunicazione

Essere in grado di descrivere in maniera chiara i vari aspetti fisici e matematici dei contenuti del corso.

E - Capacità di apprendere

OF 6) Avere la capacità di consultare i testi didattici e scientifici di riferimento al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.

1018976 | OTTICA E  
LABORATORIO

2°

9

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Nel corso viene fornita allo studente la conoscenza dei principi e delle leggi fondamentali dell'ottica fisica classica con particolare riguardo alla loro applicazione ai fenomeni quali l'interferenza e la diffrazione, nonché ai fenomeni legati alla polarizzazione della luce. Il corso prevede lo studio di questi fenomeni in laboratorio con l'utilizzo di strumentazione didattica avanzata.

Lo studente sarà in grado di utilizzare i principi base dell'ottica fisica per la soluzione di problemi relativi alle conoscenze acquisite. Al termine del corso gli studenti svilupperanno doti di ragionamento quantitativo e abilità di risoluzione utili per studiare, modellizzare e comprendere i fenomeni relativi alla propagazione della luce e alla sua interazione con la materia a livello di base.

Inoltre, grazie all'esecuzione di esperimenti in laboratorio, lo studente svilupperà l'abilità pratica a utilizzare strumentazione ottica nonché trasmettere le osservazioni effettuate attraverso relazioni scientifiche ad avere l'opportunità di un'interazione diretta con il docente durante gli esperimenti.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere i fondamenti dell'ottica fisica (propagazione delle onde elettromagnetiche)

OF 2) Conoscere i fondamenti dell'ottica nei mezzi lineari (mezzi dielettrici isotropi ed anisotropi)

OF 3) Comprendere il linguaggio dell'ottica

B – Capacità applicative

OF 4) Essere in grado di montare semplici esperimenti di ottica

OF 5) Saper allineare un interferometro ottico

OF 6) Essere in grado di eseguire misure di intensità luminosa (fotodiodi)

OF 7) Essere in grado di misurare e controllare lo stato di polarizzazione della luce

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Avere la capacità di valutare il miglior modo di eseguire una misura sperimentale

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto i risultati del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper discutere le caratteristiche e funzionalità di semplici apparati ottici

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare datasheet di strumentazione ottica

OF 12) Essere in grado di ideare e sviluppare un progetto di semplici schemi ottici

1012093 | STRUTTURA  
DELLA MATERIA

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso si pone come obiettivo lo studio dei fondamenti struttura della materia, fornendo le basi della fisica atomica e molecolare, con una introduzione elementare alla fisica dei solidi, a partire dalle conoscenze e metodologie della meccanica quantistica. Lo studente al termine del corso avrà acquisito i concetti base per la determinazione degli autovalori energetici e autostati di sistemi atomici e molecolari in presenza di campi esterni. Le conoscenze acquisite in questo corso sono indispensabili per i corsi più avanzati di materia condensata e fisica dei solidi.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere i fondamenti della fisica atomica e molecolare, e le basi della fisica dei solidi.

OF 2) Comprendere gli spettri energetici e gli autostati di sistemi atomici, molecolari e solidi.

OF 3) Comprendere i principi dell'interazione tra radiazione e materia

B – Capacità applicative

OF 4) Imparare ad applicare i principi della meccanica quantistica per la descrizione del comportamento di atomi e molecole

OF 5) Risolvere problemi legati al calcolo degli spettri atomici e molecolari

OF 6) Essere in grado di applicare tecniche perturbative e variazionali per il calcolo degli autostati di atomi e molecole

C - Autonomia di giudizio

OF 7) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite al fine di applicarle successivamente nel contesto più generale della fisica della materia condensata

D – Abilità nella comunicazione

OF 8) Saper comunicare i passaggi salienti necessari alla soluzione di problemi elementari inerenti la struttura della materia

E - Capacità di apprendere

OF 9) Avere la capacità di consultare autonomamente testi di base e in qualche caso articoli scientifici al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.

**Obiettivi formativi**

**OBIETTIVI GENERALI:** Lo scopo di questo corso è quello di promuovere la conoscenza delle tecniche di rivelazione di radiazione astronomica, della strumentazione necessaria per rivelazioni astrofisiche, e della scelta delle osservazioni astronomiche. Il corso inoltre si prefigge lo scopo di utilizzare, e di comprenderne l'utilizzo e le limitazioni, la strumentazione di laboratorio astronomica in banda visibile e banda radio. Lo studente capirà l'importanza delle calibrazioni e delle tecniche di mitigazione del rumore attraverso una serie di esperienze sia in laboratorio che all'osservatorio ottico didattico TACOR (sul tetto dell'edificio Fermi) e utilizzando una antenna per microonde installata sul tetto dell'edificio Marconi. Verranno presentati i concetti fondamentali di ottica astronomica, elettronica, teoria dei segnali, criogenia, interferometria, spettroscopia, polarimetria, e lo stato dell'arte della strumentazione in astronomia radio, mm/sub-mm, IR, ottica, UV, X, gamma.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A -Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere i fondamenti delle osservazioni astronomiche

OF 2) Conoscere i fondamenti del funzionamento di rivelatori di radiazione astrofisica

OF 3) Comprendere l'utilizzo di tecniche di rivelazione di radiazione astrofisica

B –Capacità applicative

OF 4) Saper dedurre le caratteristiche di un'osservazione astrofisica

OF 5) Risolvere problemi legati al rumore

OF 6) Essere in grado di applicare tecniche/metodi di riduzione del rumore

C -Autonomia di giudizio

OF 7) Essere in grado di valutare il miglior modo per eseguire una misura

OF 8) Integrare le conoscenze acquisite al fine di stabilire la miglior tecnica osservativa

OF 9) Saper comunicare per iscritto in relazioni di laboratorio i risultati del proprio lavoro

OF 10) Saper comunicare riguardo problemi noti e non noti

E -Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare datasheet di componenti elettronici

OF 12) Avere la capacità di valutare l'adeguatezza di uno strumento per astrofisica

OF 13) Essere in grado di ideare e sviluppare un progetto di carattere astronomico

LABORATORIO DI  
ASTROFISICA II

2°

3

ITA

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>			
<p>OBIETTIVI GENERALI: Lo scopo di questo corso è quello di promuovere la conoscenza delle tecniche di rivelazione di radiazione astronomica, della strumentazione necessaria per rivelazioni astrofisiche, e della scelta delle osservazioni astronomiche. Il corso inoltre si prefigge lo scopo di utilizzare, e di comprenderne l'utilizzo e le limitazioni, la strumentazione di laboratorio astronomica in banda visibile e banda radio. Lo studente capirà l'importanza delle calibrazioni e delle tecniche di mitigazione del rumore attraverso una serie di esperienze sia in laboratorio che all'telescopio ottico didattico TACOR (sul tetto dell'edificio Fermi) e utilizzando una antenna per microonde installata sul tetto dell'edificio Marconi. Verranno presentati i concetti fondamentali di ottica astronomica, elettronica, teoria dei segnali, criogenia, interferometria, spettroscopia, polarimetria, e lo stato dell'arte della strumentazione in astronomia radio, mm/sub-mm, IR, ottica, UV, X, gamma.</p> <p>OBIETTIVI SPECIFICI:</p> <p>A - Conoscenza e capacità di comprensione</p> <p>OF 1) Conoscere i fondamenti delle osservazioni astronomiche</p> <p>OF 2) Conoscere i fondamenti del funzionamento di rivelatori di radiazione astrofisica</p> <p>OF 3) Comprendere l'utilizzo di tecniche di rivelazione di radiazione astrofisica</p> <p>B – Capacità applicative</p> <p>OF 4) Saper dedurre le caratteristiche di un'osservazione astrofisica</p> <p>OF 5) Risolvere problemi legati al rumore</p> <p>OF 6) Essere in grado di applicare tecniche/metodi di riduzione del rumore</p> <p>C - Autonomia di giudizio</p> <p>OF 7) Essere in grado di valutare il miglior modo per eseguire una misura</p> <p>OF 8) Integrare le conoscenze acquisite al fine di stabilire la miglior tecnica osservativa</p> <p>D – Abilità nella comunicazione</p> <p>OF 9) Saper comunicare per iscritto in relazioni di laboratorio i risultati del proprio lavoro</p> <p>OF 10) Saper comunicare riguardo problemi noti e non noti</p> <p>E - Capacità di apprendere</p> <p>OF 11) Avere la capacità di consultare datasheet di componenti elettronici</p> <p>OF 12) Avere la capacità di valutare l'adeguatezza di uno strumento per astrofisica</p> <p>OF 13) Essere in grado di ideare e sviluppare un progetto di carattere astronomico</p>			
A SCELTA DELLO STUDENTE	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>			
<p>Scopo dei corsi è quello di consentire allo studente di arricchire le conoscenze dei corsi curriculari con argomenti di propria scelta.</p>			
AAF1001   prova finale	2°	3	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>			
<p>La prova finale consiste nella presentazione di una relazione sul lavoro svolto durante l'attività di stage/tesi. Nell'approssimarsi a questo appuntamento lo studente sviluppa abilità di presentazione e difesa del proprio lavoro davanti ad un pubblico attento ed informato sugli argomenti in discussione.</p>			

## Fisica applicata

### 1° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
1015375   GEOMETRIA	1°	9	ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

Obiettivi Formativi

Obiettivi generali:

acquisire conoscenze di base sui sistemi lineari, sugli spazi vettoriali, sulle applicazioni lineari, sulle forme bilineari simmetriche e sulle forme hermitiane.

Obiettivi specifici:

Conoscenza e comprensione: al termine del corso lo studente avrà acquisito le nozioni e i risultati di base relativi alla risoluzione di sistemi lineari e all'interpretazione geometrica delle loro soluzioni, al calcolo matriciale, alla teoria degli spazi vettoriali e delle applicazioni lineari tra essi, con particolare attenzione al caso degli endomorfismi di uno spazio vettoriale e delle decomposizioni in autospazi ad essi associate.

Applicare conoscenza e comprensione: al termine del corso lo studente sarà in grado di risolvere sistemi di equazioni lineari in un arbitrario numero (finito) di variabili, di riconoscere problemi matematici rappresentati da applicazioni lineari tra spazi vettoriali e utilizzare questo fatto per la loro risoluzione; sarà in grado di operare con le matrici e di stabilire la risolubilità di un sistema lineare e l'invertibilità di un'applicazione lineare mediante considerazioni sul rango e mediante il calcolo del determinante delle matrici associate; inoltre sarà in grado di calcolare gli autovalori di un endomorfismo lineare e determinare la decomposizione in autospazi ad esso associata.

Capacità critiche e di giudizio: lo studente avrà le basi per analizzare le analogie e le relazioni tra gli argomenti trattati in questo corso e gli argomenti trattati nei corsi successivi come Meccanica e Analisi Vettoriale.

Capacità comunicative: capacità di esporre i contenuti nella parte orale della verifica e negli eventuali quesiti teorici presenti nella prova scritta.

Capacità di apprendimento: le conoscenze acquisite permetteranno lo studio dei successivi corsi della laurea triennale in Fisica.

1018864 | Analisi

1°

9

ITA

**Obiettivi formativi**

Obiettivi generali:

acquisire conoscenze di base del Calcolo Differenziale ed Integrale in una variabile reale, del Calcolo Differenziale in più variabili reali e delle equazioni differenziali ordinarie lineari ed alcune non lineari di primo e secondo grado.

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Calcolo Integrale in una variabile, Calcolo Differenziale in più variabili e tecniche per risolvere equazioni differenziali ordinarie

B – Capacità applicative

OF 2) Saper applicare i concetti analitici a problemi della Meccanica Classica

C - Autonomia di giudizio

OF 3) Nelle sessioni di esercitazione sarà stimolata la capacità di risoluzione autonoma di problemi con approccio logico-deduttivo

D – Abilità nella comunicazione

OF 4) Sarà curata l'interazione e la collaborazione tra studenti e con il docente durante le esercitazioni

E - Capacità di apprendere

OF 5) Cenni/collegamenti a concetti in futuri Corsi e cura del rigore analitico forniranno autonomia di studio e consapevolezza

1035105 |  
LABORATORIO DI  
CALCOLO

1°

6

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

Laboratorio di Calcolo è un corso base di programmazione e di introduzione ai metodi numerici che vengono utilizzati in fisica. L'approccio è pratico e mira ad insegnare i concetti fondamentali della programmazione con una forte enfasi sulla attività laboratoriale. Rappresenta un importante veicolo per sviluppare le abilità analitiche e di problem-solving degli studenti. Più precisamente, il corso mira a fornire agli studenti abilità che saranno rilevanti per molti anni in futuro. Pertanto lo scopo principale del corso non è quello di fornire una educazione dettagliata in quelli che sono oggi, sul mercato o nella ricerca in Fisica, i principali strumenti di programmazione. Piuttosto mira a insegnare i principi generali che sono alla base di qualsiasi linguaggio di programmazione. La programmazione è un argomento pratico: lo scopo del corso è quello di insegnare agli studenti a scrivere semplici programmi effettivamente funzionanti. Le abilità che sono alla base della programmazione sono essenzialmente astratte ed è perciò cruciale riuscire a vedere strutture e schemi generali a partire da esempi specifici. E' anche essenziale essere in grado di pensare in modo logico e razionale, in modo da essere in grado di predire il comportamento di un sistema che si comporta secondo un set rigido e fisso di regole. Queste abilità sono sviluppate attraverso le attività pratiche ed infatti il corso utilizza un metodo di insegnamento basato sulla soluzione dei problemi. Scopo aggiuntivo del corso è quello di insegnare le buone pratiche di lavoro: autostima, buon utilizzo del tempo, agire e pensare in modo razionale, imparare ad interagire con altri collaboratori. Alla fine del corso, lo studente avrà appreso il linguaggio C, il sistema operativo Linux e rudimenti di Python, come strumenti puramente funzionali allo sviluppo delle sue capacità di analisi e di descrizione di algoritmi usati per risolvere problemi di fisica. Conoscerà alcuni metodi di calcolo numerico tipici della fisica e li applicherà scrivendo semplici programmi.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Acquisire abilità logico-computazionali

OF 2) Acquisire i principi generali che sono alla base di qualsiasi linguaggio di programmazione.

OF 3) Comprendere i principi di funzionamento di un computer

OF 4) Comprendere algoritmi e metodi di calcolo numerico per risolvere problemi di tipo scientifico

B – Capacità applicative

OF 5) Risolvere problemi logici e/o analitici, nonché semplici casi di fisica generale elaborando algoritmi ottimali ed efficienti.

OF 6) Essere in grado di scrivere semplici programmi in C o in Python effettivamente funzionanti

C - Autonomia di giudizio

OF 7) Essere in grado di individuare strutture e schemi generali a partire da esempi specifici

D – Abilità nella comunicazione

OF 8) Saper interagire e collaborare con gli altri nel processo di problem-solving attraverso una comunicazione adeguata di idee, intuizioni e conoscenze

E - Capacità di apprendere

OF 9) Avere la capacità di apprendere nuovi algoritmi per risolvere problemi scientifici

OF 10) Capacità di apprendere nuove tecniche e linguaggi di programmazione

AAF1137 | ABILITA'  
INFORMATICHE

1°

3

ITA

**Obiettivi formativi**

L'obiettivo è dare agli studenti la capacità pratica di utilizzare un moderno calcolatore personale ed eseguire le operazioni elementari di utilizzo (accensione, spegnimento, gestione dati e programmi), su sistema operativo proprietario oppure open source.

10611945 |  
LABORATORIO DI  
MECCANICA

1°

12

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultato del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

LABORATORIO DI  
MECCANICA I

1°

3

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultato del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

**Obiettivi formativi**

## OBIETTIVI GENERALI:

- OF 1) insegnare agli studenti le leggi fondamentali della meccanica e la loro applicazione a situazioni del mondo reale  
 OF 2) sviluppare le abilità di problem-solving utilizzando un approccio che descriva i fenomeni fisici, combinando metodi, formule matematiche ed intuizione fisica  
 OF 3) sviluppare le capacità matematiche nel derivare soluzioni numeriche corrette che possono essere direttamente confrontate con situazioni e misure del mondo reale.

## OBIETTIVI SPECIFICI:

A - Conoscenza e capacità di comprensione

- OF 4) Conoscere le leggi fondamentali della meccanica  
 OF 5) Conoscere le leggi di conservazione in fisica e le loro implicazioni  
 OF 6) Comprendere il testo di un esercizio di fisica

B – Capacità applicative

- OF 7) Formalizzare un problema di fisica utilizzando gli strumenti dell'algebra, della geometria e dell'analisi  
 OF 8) Risolvere un problema di fisica in modo coerente, sia dal punto di vista formale che quantitativo  
 OF 9) Avere la capacità di valutare gli effetti dominanti in un problema fisico

C - Autonomia di giudizio

- OF 10) Essere in grado di stabilire se una relazione tra grandezze fisiche o una legge sono corrette, anche da un punto di vista dimensionale  
 OF 11) Sviluppo di doti di ragionamento quantitativo e abilità di risoluzione analitica utili per studiare, modellizzare e comprendere i principi fondamentali della meccanica

D – Abilità nella comunicazione

- OF 12) Saper parlare di fisica usando termini appropriati  
 OF 13) Saper semplificare un problema complesso, isolando i contributi più rilevanti.

E - Capacità di apprendere

- OF 14) Avere la capacità di consultare un testo che parla di fisica

1022782 | CHIMICA

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Il corso di Chimica intende fornire una panoramica d'insieme della chimica, della struttura e reattività dei composti chimici. Poiché il corso si rivolge a studenti di eterogenea provenienza pre-universitaria, tutti gli argomenti sono affrontati in modo semplice. Lo scopo del corso è soprattutto quello di portare gli studenti a ragionare su un problema chimico, cercando di trasmettere un metodo di generale applicabilità per la loro risoluzione.

Nello specifico, al termine del corso, attraverso lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche, lo studente dovrà aver acquisito un'adeguata conoscenza e comprensione dei concetti di base della Chimica Generale con particolare riferimento alla composizione, struttura e proprietà delle varie forme della materia e delle leggi che descrivono i cambiamenti ai quali essa va soggetta. Inoltre, lo studente dovrà essere in grado di risolvere esercizi numerici inerenti.

Il superamento della prova d'esame richiederà allo studente l'acquisizione di un'adeguata capacità critica, nonché di autonomia di giudizio. Essa sarà raggiunta attraverso lo studio personale ed autonomo dei testi consigliati e delle lezioni teoriche proposte dal docente e tramite lo svolgimento di adeguati esercizi numerici.

Il corso si pone anche come obiettivo quello di migliorare le capacità comunicative: lo studente dovrà essere in grado di esporre e spiegare, in maniera semplice ma rigorosa, i processi chimici di base, sia in forma scritta che orale, anche a interlocutori non esperti.

Infine, lo studente dovrà essere in grado di collegare ed integrare le conoscenze acquisite con quelle che acquisirà successivamente, attraverso la lettura di testi e/o articoli scientifici.

10611945 |  
 LABORATORIO DI  
 MECCANICA

2°

12

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultato del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso è finalizzato all'insegnamento delle basi del metodo sperimentale e delle tecniche di analisi statistica dei dati sperimentali. A questo scopo il corso si articola su lezioni in aula ed esperienze di laboratorio di meccanica. Alla fine del corso gli studenti dovranno: conoscere il significato e comprendere l'importanza della misura di una grandezza fisica e della sua incertezza; essere in grado di effettuare semplici misure di grandezze fisiche e di presentarne i risultati anche in forma grafica; essere in grado di mettere a punto semplici programmi per l'analisi dei dati raccolti; conoscere il concetto di probabilità e gli elementi di base della statistica; conoscere le proprietà delle principali funzioni di distribuzione di probabilità; fare inferenza su grandezze fisiche; essere in grado di formulare delle ipotesi e giudicarne l'attendibilità alla luce delle osservazioni sperimentali.

Si affrontano da un punto di vista sia teorico che sperimentale alcune misure fondamentali di meccanica ed il funzionamento dei principali strumenti di misura. Molti degli esperimenti svolti hanno anche una valenza didattica dato che possono essere riproposti nell'ambito delle attività didattiche della scuola secondaria.

Durante il corso lo studente svilupperà le seguenti abilità: raccolta, analisi, interpretazione e presentazione di risultati e di dati; apprendimento di metodi e tecniche sperimentali aventi anche una valenza didattica; capacità di sviluppare algoritmi di analisi e acquisizione dati con moderni strumenti informatici. Inoltre, in un contesto più generale lo studente accrescerà alcune abilità personali tra cui: la capacità di affrontare problemi, di lavorare in gruppo e di seguire un protocollo; la gestione efficiente delle risorse disponibili (incluso il tempo) ed il lavorare in sicurezza in un laboratorio; lo sviluppo delle abilità comunicative finalizzate alla presentazione chiara e convincente dei risultati ottenuti.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi dell'analisi statistica dei dati

OF 2) Implementazione di algoritmi di analisi dati con strumenti informatici

OF 3) Comprendere il significato di una misura

B – Capacità applicative

OF 4) Eseguire misure di grandezze fisiche e progettare un esperimento

OF 5) Fare inferenza probabilistica a partire dalle osservazioni sperimentali

OF 6) Interpretare grafici, tabelle e risultati di una misura

OF 7) Formulare delle ipotesi e confrontarle con le osservazioni sperimentali

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Giudicare l'affidabilità e la qualità di una misura

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultato del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper scegliere la rappresentazione più adeguata dei dati sperimentali

E - Capacità di apprendere

OF 11) Utilizzare strumenti di misura diversi per le misure di meccanica

OF 12) Usare le proprie conoscenze di fisica e di laboratorio in modo creativo

**2° anno****Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua**

1018970 | ANALISI  
VETTORIALE

1°

9

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso intende fornire gli elementi fondamentali del calcolo differenziale ed integrale per funzioni di più variabili necessari per la comprensione delle principali discipline scientifiche, con particolare attenzione alle scienze fisiche.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere i principi del calcolo differenziale e integrale in più variabili

OF 2) Conoscere la teoria dei campi vettoriali e delle forme differenziali lineari

OF 3) Comprendere la teoria di base delle equazioni differenziali

B – Capacità applicative

OF 4) Trattare problemi che coinvolgono funzioni scalari di più variabili (ad es: ottimizzazione; calcolo di aree e volumi), campi vettoriali (ad es.: calcolo del lavoro e del flusso) ed equazioni differenziali (ad es. risoluzione e studio qualitativo delle soluzioni)

C - Autonomia di giudizio

OF 5) Avere gli strumenti essenziali per successivi approcci all'analisi funzionale, alla teoria di una variabile complessa, alla teoria della misura, alla meccanica Quantistica.

OF 6) Saper affrontare autonomamente nuovi problemi, applicando gli strumenti

matematici appresi a fenomeni o processi che si incontreranno nel corso di studi e nelle attività lavorative successive.

D – Abilità nella comunicazione

OF 7) Saper comunicare utilizzando propriamente il linguaggio matematico

E - Capacità di apprendere

OF 8) Approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso

1018971 |  
TERMODINAMICA E  
LABORATORIO

1°

9

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso si pone come obiettivo per gli studenti di acquisire la conoscenza delle leggi della termodinamica. Gli studenti comprenderanno come queste leggi fondamentali si applichino a semplici sistemi sia ideali (gas perfetti, macchine ideali) che reali (modello di gas reale, macchine termiche reali). Con le esperienze di laboratorio, gli studenti applicheranno le leggi studiate ed acquisiranno conoscenze pratiche sulla misura di grandezze termodinamiche (temperatura, calore, pressione). Inoltre acquisiranno pratica con l'uso di sistemi da vuoto e relativa strumentazione.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi della termodinamica.

OF 2) Comprendere sistemi termodinamici e loro interazioni con l'ambiente circostante.

OF 3) Conoscere le leggi e le grandezze della natura come entropia.

OF 4) Comprendere termodinamica dei sistemi reali.

OF 5) Conoscere i fenomeni di trasporto a livello molecolare.

....

B – Capacità applicative

OF 6) Saper dedurre relazione tra le grandezze termodinamiche fondamentali.

OF 7) Risolvere problemi di termodinamica dei sistemi ideali e reali.

OF 8) Essere in grado di applicare tecniche/metodi per le misure delle grandezze fondamentali.

...

C - Autonomia di giudizio

OF 9) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite al fine di applicare successivamente nel contesto più generale per le macchine termiche.

...

D – Abilità nella comunicazione

OF 10) Saper comunicare la presentazione delle grandezze termodinamiche con le loro incertezze.

...

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare e valutare la letteratura scientifica per approfondire in modo autonomo gli argomenti del corso.

OF 12) Essere in grado di ideare e sviluppare un progetto relativo alle macchine termiche.

10616303 |  
LABORATORIO DI  
FISICA  
COMPUTAZIONALE I

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso si pone come obiettivo principale quello di insegnare agli studenti l'uso del computer per la risoluzione di alcuni problemi fondamentali in fisica. Tale obiettivo viene raggiunto insegnando agli studenti alcuni elementi avanzati del linguaggio di programmazione C, insieme a diversi algoritmi che, sebbene semplici, sono di ampia applicabilità.

Al termine del corso gli studenti avranno acquisito una conoscenza sufficientemente approfondita del linguaggio programmazione C e di altri strumenti operativi utili per l'analisi dei dati e la loro rappresentazione grafica. Avranno acquisito le capacità necessarie per risolvere con il computer problemi di fisica di media difficoltà, sapendo implementare autonomamente algoritmi di un certa complessità.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere elementi avanzati di programmazione C (allocazione dinamica, struct, ricorsione)

OF 2) Conoscere algoritmi di base ed avanzati per l'integrazione delle equazioni differenziali ordinarie, per la generazione dei numeri pseudo aleatori e per lo studio di semplici processi stocastici (random walk, gas reticolare e percolazione)

OF 3) Comprendere un programma scritto in linguaggio C

B – Capacità applicative

OF 4) Essere in grado di implementare un algoritmo in linguaggio C

OF 5) Saper risolvere con l'uso del computer problemi di fisica di media difficoltà che sono descritti da equazioni differenziali o da un semplice processo stocastico

OF 6) Essere in grado di trovare gli errori in un programma scritto in linguaggio C (debugging) e saperli correggere

OF 7) Essere in grado di eseguire, con strumenti informatici, semplici analisi dei dati, eseguendo medie e il calcolo dell'errore per misure indipendenti, e la loro rappresentazione grafica

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Saper valutare autonomamente se un programma scritto in linguaggio C esegua correttamente un dato algoritmo e se tale implementazione sia efficiente

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper discutere le scelte effettuate nell'implementazione di un dato algoritmo in un programma scritto in linguaggio C

OF 10) Saper presentare in forma scritta i risultati dello studio di un problema fisico effettuato grazie all'uso del computer

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare la descrizione di un nuovo algoritmo o comprendere un programma in linguaggio C scritto da altri

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso si prefigge di far comprendere gli aspetti fondamentali della meccanica Lagrangiana e Hamiltoniana. Al termine del corso, gli studenti dovranno essere in grado di applicare i concetti appresi per risolvere problemi di meccanica Lagrangiana/Hamiltoniana.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi della meccanica Lagrangiana

OF 2) Conoscere le basi della meccanica Hamiltoniana

OF 3) Sviluppare la capacità di applicare metodi matematici alla modellizzazione dei sistemi fisici

B – Capacità applicative

OF 4) Saper descrivere un sistema meccanico vincolato con un numero finito di gradi di libertà in termini di variabili lagrangiane, determinandone la funzione Lagrangiana e le equazioni di Eulero-Lagrange

OF 5) Saper descrivere un sistema meccanico vincolato con un numero finito di gradi di libertà in termini di variabili hamiltoniane, determinandone la funzione Hamiltoniana e le equazioni di Hamilton

OF 6) Saper studiare le proprietà di equilibrio, stabilità, le piccole oscillazioni e le principali simmetrie di un sistema utilizzando le tecniche della meccanica Lagrangiana

OF 7) Saper risolvere semplici problemi relativi alle trasformazioni canoniche nei sistemi Hamiltoniani

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite in Meccanica Lagrangiana al fine di applicarle successivamente in diversi contesti di Fisica Teorica (Meccanica Quantistica, Meccanica Statistica, Teoria dei Campi, ecc...)

OF 9) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite in Meccanica Hamiltoniana al fine di applicarle successivamente in diversi contesti di Fisica Teorica (Meccanica Quantistica, Meccanica Statistica, Teoria dei Campi, ecc...)

D – Abilità nella comunicazione

E - Capacità di apprendere

OF 10) Avere la capacità di consultare libri di testo avanzati al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

- Apprendimento dei fondamenti della teoria classica dell'elettromagnetismo, partendo dalle osservazioni sperimentali dei fenomeni elettrici e magnetici e giungendo alla formulazione completa dell'elettrodinamica classica in termini di equazioni di Maxwell e in termini dei potenziali elettrodinamici. Introduzione alla relatività ristretta a partire dai problemi posti dall'elettrodinamica e formulazione covariante dell'elettromagnetismo.

- Acquisizione di capacità di risolvere problemi di elettricità e magnetismo attraverso l'uso del calcolo vettoriale e differenziale.

**OBIETTIVI SPECIFICI:****A - Conoscenza e capacità di comprensione**

- Dimostrare di avere conoscenze e capacità di comprensione nel campo della fisica a livello post secondario, anche rispetto ad alcuni temi d'avanguardia dell'elettromagnetismo e della relatività ristretta, con il supporto di libri di testo avanzati.

**B – Capacità applicative**

- Essere in grado di applicare le conoscenze acquisite in modo competente e riflessivo; possedere competenze adeguate sia per ideare e sostenere argomentazioni, sia per risolvere problemi e applicare tecniche e metodi nell'ambito del elettromagnetismo.

**C - Autonomia di giudizio**

- Sviluppare la capacità di impostare, analizzare e risolvere problemi di fisica in forma autonoma.

**D – Abilità nella comunicazione**

- Comunicare informazioni, idee, problemi e soluzioni a interlocutori specialisti e non.

**E - Capacità di apprendere**

- Sviluppare le competenze necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

1022852 |  
LABORATORIO DI  
ELETTROMAGNETISMO  
E CIRCUITI

2°

6

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

L'obiettivo del corso è sia lo studio della teoria dei circuiti elettrici e degli elementi circuitali più comuni, che l'acquisizione della capacità di utilizzo ottimale degli strumenti di base per le misure elettriche: generatori di tensione e corrente, multimetro e oscilloscopio.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere la teoria dei circuiti in corrente continua

OF 2) Conoscere la teoria dei circuiti in corrente alternata

OF 3) Conoscere la teoria delle misure elettriche

B – Capacità applicative

OF 4) Saper risolvere semplici problemi con circuiti in corrente continua e in corrente alternata

OF 5) Essere in grado di eseguire misure di tensione, corrente e resistenze (multimetri)

OF 6) Essere in grado di eseguire misure all'oscilloscopio di tempi, tensioni e fasi di segnali

OF 7) Saper valutare e correggere gli effetti sistematici indotti dagli strumenti di misura

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Avere la capacità di valutare il miglior modo di eseguire una misura di tipo elettrico

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultati del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper discutere le caratteristiche e funzionalità di semplici circuiti elettrici

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare i manuali degli strumenti di misura

OF 12) Essere in grado di consultare i datasheet dei componenti elettrici

AAF1101 | LINGUA  
INGLESE

2°

3

ITA

**Obiettivi formativi**

Fornire agli studenti le basi linguistiche più comuni per orientarsi nell'ambito della comunicazione scientifica scritta.

1038352 | MODELLI E  
METODI MATEMATICI  
DELLA FISICA

2°

9

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Introdurre gli studenti ai concetti fondamentali dell'analisi complessa e funzionale e stimolare la capacità dello studente di individuarne le applicazioni nell'ambito di problemi fisici.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le proprietà delle funzioni analitiche.

OF 2) Comprendere la natura delle singolarità delle funzioni analitiche.

OF 3) Conoscere le proprietà degli spazi di Banach e Hilbert.

OF 4) Conoscere gli sviluppi in serie di Fourier, le trasformate di Fourier ed elementi di teoria delle distribuzioni

OF 5) Comprendere la dimostrazione dei teoremi che sono alla base delle proprietà citate nei punti precedenti.

....

B – Capacità applicative

OF 6) Essere in grado di studiare il comportamento di una funzione analitica

OF 7) Calcolo di integrali sul piano complesso col metodo dei residui.

OF 8) Calcolo di serie di Fourier, trasformate di Fourier e distribuzioni.

E - Capacità di apprendere

OF 9) Avere la capacità di consultare un testo che abbia come prerequisiti le nozioni fondamentali di analisi complessa e analisi funzionale.

**3° anno****Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua**

1018975 |

LABORATORIO DI  
SEGNALI E SISTEMI

1°

9

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso descrive le basi della fisica nucleare e subnucleare attraverso lo studio delle principali scoperte che hanno contribuito alla moderna descrizione delle particelle e delle loro interazioni. La cinematica relativistica è utilizzata per analizzare le reazioni di produzione e i decadimenti delle particelle, applicando le leggi di conservazione dei numeri quantici. La natura dei decadimenti alfa e beta viene descritta tramite la meccanica non relativistica. Infine sono trattate le interazioni delle particelle nella materia e i principi di funzionamento dei rivelatori per la misura di energia ed impulso e l'identificazione delle particelle cariche.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere diversi tipi di interazioni fondamentali tra le particelle elementari

OF 2) Comprendere la cinematica di processi di produzione e decadimento

OF 3) Conoscere le reazioni nucleari di base e le proprietà energetiche

OF 4) Riconoscere e descrivere le principali interazioni delle particelle che attraversano la materia

B – Capacità applicative

OF 5) Calcolare proprietà cinematiche dei prodotti di decadimento e di urti tra particelle elementari, applicando le regole di selezione

OF 6) Calcolare l'energia persa dalle particelle elementari nel passaggio nella materia

OF 7) Calcolare la probabilità di decadimento e di interazione negli urti

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Essere in grado di applicare le conoscenze fornite per comprendere le principali scoperte nella fisica subnucleare nel XX secolo

OF 9) Comprendere il metodo sperimentali e le misure effettuate in alcuni degli esperimenti più importanti e celebri del XX secolo

D – Abilità nella comunicazione

OF 10) Saper discutere, a livello elementare, di fisica moderna per ciò che riguarda le interazioni fondamentali delle particelle.

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare articoli scientifici relativi alle misure discusse nel corso e capirne la metodologia e lo scopo

OF 12) Essere in grado di comprendere i processi di fisica di particelle elementari trattati nella Laurea Magistrale in Fisica, utilizzando le nozioni di cinematica e di leggi di conservazione di numeri quantici

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Scopo dei corsi è quello di consentire allo studente di arricchire le conoscenze dei corsi curriculari con argomenti di propria scelta.

10616298 | MECCANICA  
QUANTISTICA E  
STATISTICA

1°

12

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Lo scopo del corso è di introdurre le nozioni di base della meccanica quantistica non-relativistica e della meccanica statistica e illustrare la loro applicazione in sistemi fisici. Al termine del corso gli studenti avranno compreso i concetti base di entrambe le teorie e saranno in grado di risolvere l'equazione di Schrodinger e calcolare la funzione di partizione per semplici modelli di particelle non interagenti e ricavarne le corrispondenti proprietà fisiche.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le basi della meccanica quantistica nonrelativistica per particella singola o sistemi di particelle noninteragenti.

OF 2) Comprendere la nozione di spin e la composizione dei momenti angolari.

OF 3) Conoscere la teoria delle perturbazioni dipendenti e indipendenti dal tempo, anche in presenza di degenerazione.

OF 4) Comprendere la connessione tra spin di un sistema di particelle e simmetria dello stato quantistico per scambio delle medesime.

OF 5) Conoscere le basi della meccanica statistica per sistemi di particelle noninteragenti classiche e quantistiche.

OF 6) Comprendere le nozioni di micro e macrostato e quella di stato di equilibrio nel caso degli ensemble microcanonico, canonico e grancanonico.

OF 7) Conoscere le principali funzioni di stato della meccanica statistica e le relazioni mutue.

B – Capacità applicative

OF 8) Saper affrontare problemi concettuali relativi agli argomenti considerati

OF 9) Risolvere problemi semplici in modo analitico.

OF 10) Saper impostare un problema al fine di una ipotetica soluzione numerica.

C - Autonomia di giudizio

OF 11) Essere in grado di collegare, in modo bidirezionale, le soluzioni matematiche dei problemi alle proprietà fisiche dei sistemi corrispondenti.

D – Abilità nella comunicazione

OF 12) Saper indicare in modo sintetico ma esaustivo le soluzioni dei problemi e la logica sottostante.

E - Capacità di apprendere

OF 13) Avere la capacità di consultare testi diversi da quello di riferimento che fanno uso di notazioni differenti.

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****OBIETTIVI GENERALI:**

Nel corso viene fornita allo studente la conoscenza dei principi e delle leggi fondamentali dell'ottica fisica classica con particolare riguardo alla loro applicazione ai fenomeni quali l'interferenza e la diffrazione, nonché ai fenomeni legati alla polarizzazione della luce. Il corso prevede lo studio di questi fenomeni in laboratorio con l'utilizzo di strumentazione didattica avanzata.

Lo studente sarà in grado di utilizzare i principi base dell'ottica fisica per la soluzione di problemi relativi alle conoscenze acquisite. Al termine del corso gli studenti svilupperanno doti di ragionamento quantitativo e abilità di risoluzione utili per studiare, modellizzare e comprendere i fenomeni relativi alla propagazione della luce e alla sua interazione con la materia a livello di base.

Inoltre, grazie all'esecuzione di esperimenti in laboratorio, lo studente svilupperà l'abilità pratica a utilizzare strumentazione ottica nonché trasmettere le osservazioni effettuate attraverso relazioni scientifiche ad avere l'opportunità di un'interazione diretta con il docente durante gli esperimenti.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere i fondamenti dell'ottica fisica (propagazione delle onde elettromagnetiche)

OF 2) Conoscere i fondamenti dell'ottica nei mezzi lineari (mezzi dielettrici isotropi ed anisotropi)

OF 3) Comprendere il linguaggio dell'ottica

B – Capacità applicative

OF 4) Essere in grado di montare semplici esperimenti di ottica

OF 5) Saper allineare un interferometro ottico

OF 6) Essere in grado di eseguire misure di intensità luminosa (fotodiodi)

OF 7) Essere in grado misurare e controllare lo stato di polarizzazione della luce

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Avere la capacità di valutare il miglior modo di eseguire una misura sperimentale

D – Abilità nella comunicazione

OF 9) Saper comunicare per iscritto il risultati del proprio lavoro sperimentale

OF 10) Saper discutere le caratteristiche e funzionalità di semplici apparati ottici

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare datasheet di strumentazione ottica

OF 12) Essere in grado di ideare e sviluppare un progetto di semplici schemi ottici

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Scopo dei corsi è quello di consentire allo studente di arricchire le conoscenze dei corsi curriculari con argomenti di propria scelta.

AAF1001 | prova finale

2°

3

ITA

**Obiettivi formativi**

La prova finale consiste nella presentazione di una relazione sul lavoro svolto durante l'attività di stage/tesi. Nell'approssimarsi a questo appuntamento lo studente sviluppa abilità di presentazione e difesa del proprio lavoro davanti ad un pubblico attento ed informato sugli argomenti in discussione.

GRUPPO B AFFINE  
INTEGRATIVO  
CURRICULUM FISICA  
APPLICATA  
GRUPPO A  
CURRICULUM FISICA  
APPLICATA

**Gruppi opzionali**

Lo studente deve acquisire 12 CFU fra i seguenti esami

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
1041490   CALCOLO DELLE PROBABILITA'	3°	1°	6	ITA

#### Obiettivi formativi

##### OBIETTIVI GENERALI:

Il corso si pone come obiettivo lo studio del calcolo delle probabilità e delle sue applicazioni in fisica teorica e sperimentale. Partendo dalle basi assiomatiche della teoria il corso porta alla conoscenza dei teoremi fondamentali della probabilità, delle tecniche di inferenza bayesiana, delle tecniche di analisi dei dati sperimentali, della modellizzazione astratta di processi di Markov, di algoritmi e metodi numerici stocastici. Per l'acquisizione di tali conoscenze verranno studiati diversi esempi ed applicazioni.

##### OBIETTIVI SPECIFICI:

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere gli assiomi costituenti ed i teoremi fondamentali del calcolo delle probabilità (grandi numeri, limite centrale, grandi deviazioni, funzioni generatrici dei momenti e dei cumulanti) in casi generali (variabili aleatorie correlate, variabili con distribuzione a varianza infinita).

OF 2) Conoscere l'inferenza bayesiana e saperla applicare criticamente a problemi specifici, in base alle conoscenze a priori.

OF 3) Conoscere la teoria alla base delle tecniche di analisi sperimentale.

OF 4) Comprendere le catene di Markov, in astratto e nello specifico dei fenomeni di camminatore aleatorio, dei processi di ramificazione e degli eventi ricorrenti.

OF 5) Conoscere i processi stocastici di tipo markoviano a tempo continuo: equazione maestra, equazione di Fokker-Planck. Cenni alle equazioni di Langevin.

OF 6) Comprendere le connessioni tra teoria della probabilità e concetti fondanti della meccanica statistica.

B – Capacità applicative

OF 7) Saper dedurre le probabilità nella teoria bayesiana

OF 8) Saper calcolare distribuzioni di probabilità nel limite centrale, nel regime di grandi deviazioni, ed anche per un numero finito di variabili.

OF 9) Essere in grado di applicare i teoremi fondamentali per il calcolo delle proprietà statistiche di sistemi concreti

OF 10) Essere in grado di affrontare l'analisi di dati sperimentali nei casi di dati correlati e anomali

OF 11) Essere in grado di applicare la conoscenza delle catene di Markov a problemi di tipo algoritmico, quali il metodo Monte Carlo per il calcolo di integrali multidimensionali, la sua applicazione alla dinamica di equilibrio di un modello di meccanica statistica (Ising), ed il metodo di ordinamento per importanza delle pagine web in un motore di ricerca).

C - Autonomia di giudizio

OF 12) Essere in grado di comprendere quali sono le conoscenze e le variabili rilevanti in un problema di probabilità.

OF 13) Integrare le conoscenze acquisite al fine di applicarle all'analisi di dati sperimentali variegati, a problemi di meccanica statistica, o a problemi generali che richiedono l'applicazione di tecniche probabilistiche (es. dati di diffusione epidemica del COVID-19 e valutazione della efficacia di tamponi o vaccini).

D – Abilità nella comunicazione

OF 14) Saper comunicare oralmente un procedimento di dimostrazione o di applicazione valutando quali sono i passi intermedi rilevanti ed il loro significato.

E - Capacità di apprendere

OF 15) Avere la capacità di consultare criticamente più manuali scritti ed articoli di divulgazione.

OF 16) Avere la capacità di valutare le conseguenze di un approccio probabilistico e di paragonare l'efficacia di metodi differenti.

OF 17) Essere in grado di individuare le corrette ipotesi e di scartare ipotesi inconsistenti nel procedimento di stima di parametri fenomenologici e di inferenza statistica in generale

10612078 |  
INTRODUZIONE  
ALLA FISICA DEI  
SISTEMI  
BIOLOGICI

3°

1°

6

ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
--------------	------	----------	-----	--------

**Obiettivi formativi**

OBIETTIVI GENERALI

La fisica biologica è lo sforzo di comprendere i fenomeni della vita in modo parallelo alla comprensione del mondo inanimato da parte dei fisici. L'obiettivo principale del corso è quello di guidare lo studente attraverso una rassegna di problemi fondamentali in biologia analizzati come capitoli aggiuntivi del programma di fisica generale acquisito nel corso del triennio. Le conoscenze di meccanica, elettromagnetismo, termodinamica e meccanica statistica saranno estese per fornire una descrizione quantitativa dei fenomeni biologici, dalla scala atomica e molecolare, attraverso i meccanismi cellulari fino al comportamento collettivo di cellule e animali.

OBIETTIVI SPECIFICI

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere e comprendere la meccanica dei componenti cellulari

OF 2) Conoscere e comprendere la modellizzazione dei fenomeni elettrici ed elettromagnetici nella cellula

OF 3) Conoscere e comprendere i principali aspetti stocastici e termodinamici nel mondo biologico

OF 4) Conoscere e comprendere alcune moderne tecniche sperimentali per l'analisi quantitativa dei processi biologici

B – Capacità applicative

OF 5) Essere in grado di elaborare stime quantitative delle principali caratteristiche fisiche di processi biologici

OF 6) Essere in grado di elaborare modelli analitici e numerici per la descrizione di fenomeni biologici

C - Autonomia di giudizio

OF 7) Sfruttare le conoscenze acquisite per formulare modelli in grado di descrivere situazioni non trattate nel corso

D – Abilità nella comunicazione

OF 8) Saper comunicare per iscritto un concetto avanzato

OF 9) Saper presentare una linea di ricerca attuale nell'ambito della biofisica

E - Capacità di apprendere

OF 10) Avere la capacità di consultare autonomamente testi e articoli scientifici al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.

1039018   FLUIDODINAMICA PER L'ASTROFISICA	3 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	6	ITA
---	----------------	----------------	---	-----

**Obiettivi formativi**

OBIETTIVI GENERALI:

Il corso si pone l'obiettivo di dare un'introduzione estesa e matematicamente corretta alla dinamica dei fluidi (gas, liquidi, plasmi) in un contesto fisico e astrofisico.

Al termine del corso gli studenti disporranno dei mezzi fisici e matematici per comprendere la costituzione dei fluidi, la loro dinamica e emergenti in contesto terrestre e astrofisico.

Durante il corso vengono svolti esercizi applicativi sia teorici che numerici.

OBIETTIVI SPECIFICI:

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere le equazioni costitutive della dinamica dei fluidi.

OF 2) Comprendere i processi fisici che determinano la dinamica dei fluidi e i loro processi energetici.

OF 3) Conoscere le differenze tra la fluidodinamica terrestre e quella astrofisica.

B – Capacità applicative

OF 4) Saper utilizzare le conoscenze teoriche acquisite alla spiegazione e interpretazione dei fenomeni di dinamica dei fluidi in contesto terrestre e astrofisico.

C - Autonomia di giudizio

OF 5) Essere in grado di valutare la coerenza tra le soluzioni matematiche e la realtà fisica dei fenomeni in oggetto.

D – Abilità nella comunicazione

Essere in grado di descrivere in maniera chiara i vari aspetti fisici e matematici dei contenuti del corso.

E - Capacità di apprendere

OF 6) Avere la capacità di consultare i testi didattici e scientifici di riferimenti al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
10616849   PROGRAMMAZION E SCIENTIFICA ++	3°	1°	6	ITA

#### Obiettivi formativi

##### OBIETTIVI GENERALI:

Il corso "Programmazione Scientifica++" si propone di fornire le conoscenze necessarie per comprendere il paradigma della programmazione a oggetti e di saperlo applicare per scrivere dei programmi al calcolatore, utilizzando il linguaggio C++, per la risoluzione di semplici problemi scientifici. I problemi scientifici considerati cercheranno di coprire nella maniera più ampia possibile tutte le aree della fisica moderna. In tale corso verrà introdotto ed utilizzato il linguaggio C++ moderno, inteso come naturale evoluzione del linguaggio C, appreso nei precedenti corsi di calcolo e si introdurrà la programmazione generica. Al riguardo, durante il corso sono previste lezioni pratiche durante le quali gli studenti potranno implementare in C++ degli algoritmi per la risoluzione di problemi scientifici, quali la risoluzione di equazioni differenziali, il calcolo vettoriale e matriciale, il calcolo di autovettori e autovalori, il fit di dati e simulazioni numeriche di sistemi su reticolo. Lo studente lavorerà sui codici in C++ proposti durante le lezioni pratiche, ma anche su un proprio progetto finale del quale dovrà presentare i risultati ottenuti, avendo così l'opportunità di affinare le proprie abilità comunicative in ambito scientifico. Inoltre lo studente, tramite lo sviluppo di un proprio progetto, potrà mostrare il proprio livello di apprendimento degli argomenti trattati nel corso e la propria capacità di utilizzare in maniera autonoma le conoscenze acquisite.

##### OBIETTIVI SPECIFICI:

###### A - Conoscenza e capacità di comprensione

- OF 1) Comprendere le differenze tra i diversi possibili approcci di programmazione
- OF 2) Conoscere il paradigma della programmazione a oggetti con l'applicazione al calcolo scientifico
- OF 3) Conoscere il linguaggio C++ moderno come strumento per realizzare la programmazione ad oggetti
- OF 4) Conoscere i rudimenti della programmazione generica realizzata tramite il C++

###### B – Capacità applicative

- OF 5) Saper implementare un proprio codice di simulazione in C++
- OF 6) Saper individuare il corretto algoritmo per risolvere numericamente un problema scientifico
- OF 7) Saper scrivere codici in C++ secondo il paradigma a oggetti per implementare un determinato algoritmo risolutivo di un problema

###### C - Autonomia di giudizio

- OF 8) Essere in grado di analizzare criticamente i risultati di calcoli numerici al fine di valutarne la loro validità
- OF 9) Acquisire autonomamente nuove conoscenze al fine di affrontare nuovi problemi che richiedano ulteriori tecniche numeriche rispetto a quelle già apprese.
- OF 10) Saper individuare la tecnica o l'algoritmo migliore per risolvere e studiare un problema fisico numericamente.

###### D – Abilità nella comunicazione

- OF 11) Saper comunicare con chiarezza a specialisti e non i risultati ottenuti tramite manoscritti e presentazioni.
- OF 12) Saper discutere in maniera chiara un argomento scientifico.
- OF 13) Saper riprodurre i calcoli relativi ad un determinato argomento scientifico in maniera critica e consapevole.

###### E - Capacità di apprendere

- OF 14) Avere la capacità di imparare nuovi algoritmi e tecniche numeriche
- OF 15) Essere in grado di ideare e sviluppare un proprio progetto che consista nella scrittura di un codice in C++ per risolvere un problema scientifico in maniera numerica.
- OF 16) Saper superare difficoltà e imprevisti nell'implementazione di tecniche numeriche tramite idee e soluzioni originali.

1003227   Elettronica generale	3°	2°	6	ITA
-----------------------------------	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p><b>OBIETTIVI GENERALI:</b>            Il corso si pone come obiettivo lo studio dei metodi di elaborazione dei segnali tramite circuiti analogici, seguendo un percorso che parte dai fondamenti di teoria dei circuiti e giunge alla progettazione di sistemi elettronici atti a realizzare funzioni di interesse per la fisica sperimentale.            Al termine del corso gli studenti avranno acquisito conoscenze nella rappresentazione dei segnali nel dominio del tempo e della frequenza, nella definizione e valutazione di modelli di sistemi e dispositivi elettronici e avranno acquisito criteri di progetto fondamentali.</p>				
<p><b>OBIETTIVI SPECIFICI:</b></p> <p>A - Conoscenza e capacità di comprensione            OF 1) Conoscere i fondamenti della teoria dei sistemi a costanti concentrate            OF 2) Avere solide basi di teoria di circuiti            OF 3) Conoscere i principali strumenti per il progetto e lo studio di circuiti lineari            OF 4) Comprendere le implicazioni derivanti dall'uso di modelli</p> <p>B – Capacità applicative            OF 5) Saper progettare sistemi sulla base di specifiche nel dominio della frequenza            OF 6) Saper utilizzare i principali elementi passivi e attivi per risolvere problemi specifici            OF 7) Essere in grado progettare semplici sistemi utilizzando dispositivi reali</p> <p>C - Autonomia di giudizio            OF 8) Essere in grado di valutare le caratteristiche peculiari dei principali componenti elettronici            OF 9) Essere in grado di valutare l'utilizzo delle soluzioni circuitali più comuni</p> <p>D – Abilità nella comunicazione            OF 10) Saper comunicare le caratteristiche di un circuito analogico semplice, evidenziandone i principali blocchi funzionali</p> <p>E - Capacità di apprendere            OF 11) Avere la capacità di consultare la documentazione tecnica di un componente elettronico            OF 12) Avere la capacità di estendere autonomamente le proprie conoscenze nel campo dell'elettronica</p>				
1018845   Introduzione alla fisica dell'atmosfera	3°	2°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>OBIETTIVI GENERALI:  L'obiettivo di questo corso è di sviluppare la comprensione dei concetti chiave e dei meccanismi fisici che determinano la struttura termica, la composizione e la dinamica della bassa e media atmosfera.</p> <p>OBIETTIVI SPECIFICI:</p> <p>A - Conoscenza e capacità di comprensione  OF 1) conoscenza e comprensione dei processi atmosferici e come essi siano legati alle leggi della fisica classica applicata all'atmosfera.  OF 2) avere familiarità con i concetti di termodinamica atmosferica con e senza vapore d'acqua,  OF 3) conoscere le forze reali e apparenti che agiscono su una massa d'aria in un sistema geocentrico  OF 4) comprensione dei processi fisici che coinvolgono l'interazione tra radiazione elettromagnetica e atmosfera</p> <p>B – Capacità applicative  OF 5) uso dei diagrammi termodinamici da radiosondaggi per la valutazione della stabilità e formazione delle nubi  OF 6) applicare la 2° legge di Newton per dedurre le equazioni del moto di un gas comprimibile su un pianeta rotante  OF 7) applicare l'analisi di scala alle equazioni del moto per ottenere le approssimazioni idrostatica, geostrofica, di gradiente  OF 8) sviluppare l'equazione del trasferimento radiativo in un'atmosfera piano-parallela, tenendo conto dell'assorbimento e dell'emissione di radiazione ad onda lunga e scattering della radiazione ad onda corta</p> <p>C - Autonomia di giudizio  OF 9) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite al fine di applicarle nel contesto più generale della fisica dell'atmosfera</p> <p>D – Abilità nella comunicazione  OF 10) conoscenza della terminologia della fisica dell'atmosfera</p> <p>E - Capacità di apprendere  OF 11) Avere la capacità di consultare articoli scientifici al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso  OF 12) Avere la capacità di utilizzare il software open source presente nel web per generare mappe e previsioni meteorologiche</p>				
1044375   ISTITUZIONI DI FISICA APPLICATA	3°	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>Il corso si prefigge di insegnare gli elementi di fisica Nucleare e Subnucleare che sono alla base delle sue principali applicazioni in ambito medico, di conservazione dei beni culturali, ...</p> <p>L'approccio è estremamente pragmatico con frequenti quantificazioni, confronti con le realtà applicative. Le quantità più complesse da calcolare sono presenti in database online e lo studente viene istruito su come consultare queste informazioni e come interpretarle. Alla fine del corso lo studente è previsto uscire con la capacità di impostare un problema applicativo, facendo valutazioni sugli ordini di grandezza senza necessità di calcoli, ma avendo gli strumenti per fare calcoli esatti a partire dalle informazioni presenti online.</p> <p>In questo corso lo studente all'ultimo anno della laurea magistrale fa il salto dal calcolo teorico esatto e preciso ad una valutazione approssimata necessaria per una realtà applicativa.</p>				
10616786   Metodi di Intelligenza Artificiale per la Fisica	3°	2°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p><b>OBIETTIVI GENERALI:</b></p> <p>Il corso è di carattere introduttivo e di interesse generale e interdisciplinare. Nel ciclo di lezioni verranno illustrati i principi e le idee più importanti alla base dei metodi e algoritmi di apprendimento automatico (machine learning), con esempi teorici e applicativi in differenti settori della fisica e della ricerca scientifica più in generale.</p> <p>Obiettivo principale del corso è quello di fornire allo studente le conoscenze fondamentali per poter capire il funzionamento dei moderni algoritmi di machine learning e riuscire a risolvere problemi di apprendimento automatico attraverso una corretta formulazione del problema, una scelta critica dell'algoritmo di apprendimento e un'analisi sperimentale per valutare i risultati ottenuti.</p> <p>Il corso prevede una frazione consistente di esercitazioni hands-on al computer che consentono allo studente di sperimentare direttamente le nozioni apprese su applicazioni reali. Durante le esercitazioni verranno implementati praticamente ed applicati a problemi reali alcuni degli algoritmi di machine learning discussi durante le lezioni teoriche.</p> <p>Il corso fornisce conoscenze utili e spendibili:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nel mondo del lavoro: sviluppo e applicazione di algoritmi di machine learning in settori di punta della tecnologia (sistemi di visione automatica, sistemi di guida autonoma, automazione industriale, sistemi di AI per robotica. etc.), della medicina (riconoscimento e segmentazione immagini diagnostiche, ecc.), dell'informatica (analisi big-data, motori di ricerca, ecc.), finanza (algoritmi predittivi titoli in borsa, ecc.) .</li> <li>- nel mondo della ricerca di base e applicata : il machine learning è uno strumento largamente utilizzato nella ricerca sia teorica che sperimentale per esempio in fisica delle particelle (dai sistemi di acquisizione dati in tempo reale (trigger), all'utilizzo per la interpretazione dei risultati sperimentali nel contesto di diversi modelli teorici, etc.), nella fisica statistica e dei sistemi complessi, nell'astrofisica, nella fisica sperimentale della materia condensata, etc.</li> </ul> <p><b>OBIETTIVI SPECIFICI:</b></p> <p>A - Conoscenza e capacità di comprensione</p> <p>OF 1) Conoscere i fondamenti dei metodi del Machine Learning</p> <p>OF 2) Conoscere i fondamenti dei metodi di Deep Learning basati su Reti Neurali Differenziabili</p> <p>OF 3) Comprendere il linguaggio del ML e del DL</p> <p>B – Capacità applicative</p> <p>OF 4) Essere in grado di implementare semplici programmi di apprendimento supervisionato e non supervisionato</p> <p>OF 5) Saper risolvere semplici problemi in ambito scientifico usando i metodi del ML e DL</p> <p>OF 6) Essere in grado di quantificare le prestazioni di un modello addestrato di ML e DL</p> <p>C - Autonomia di giudizio</p> <p>OF 8) Avere la capacità di valutare il miglior modo di implementare un modello di ML/DL</p> <p>D – Abilità nella comunicazione</p> <p>OF 9) Saper comunicare per iscritto i risultati del proprio lavoro</p> <p>OF 10) Saper discutere le caratteristiche e funzionalità di semplici modelli computazionali basati su ML e DL</p> <p>E - Capacità di apprendere</p> <p>OF 11) Avere la capacità di consultare le API delle librerie software più utilizzate in ambito ML/DL</p> <p>OF 12) Essere in grado di ideare e sviluppare un progetto di Intelligenza Artificiale Applicata</p>				

Lo studente deve acquisire 6 CFU fra i seguenti esami

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
1012075   FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE I	3°	2°	6	ITA

**Insegnamento**

**Anno**

**Semestre**

**CFU**

**Lingua**

**Obiettivi formativi**

**OBIETTIVI GENERALI:**

Il corso descrive le basi della fisica nucleare e subnucleare attraverso lo studio delle principali scoperte che hanno contribuito alla moderna descrizione del nucleo atomico, delle particelle elementari e delle loro interazioni. La cinematica relativistica è utilizzata per analizzare le reazioni di produzione e i decadimenti delle particelle, applicando le leggi di conservazione dei numeri quantici. La natura dei decadimenti alfa e beta viene descritta tramite la meccanica non relativistica. Infine sono trattate le interazioni delle particelle nella materia e i principi di funzionamento dei rivelatori per la misura di energia ed impulso e l'identificazione delle particelle cariche.

**OBIETTIVI SPECIFICI:**

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscere diversi tipi di interazioni fondamentali tra le particelle elementari

OF 2) Comprendere la cinematica di processi di produzione e decadimento

OF 3) Conoscere le reazioni nucleari di base e le proprietà energetiche

OF 4) Riconoscere e descrivere le principali interazioni delle particelle che attraversano la materia

B – Capacità applicative

OF 5) Calcolare proprietà cinematiche dei prodotti di decadimento e di urti tra particelle elementari, applicando le regole di selezione

OF 6) Calcolare l'energia persa dalle particelle elementari nel passaggio nella materia

OF 7) Calcolare la probabilità di decadimento e di interazione negli urti

C - Autonomia di giudizio

OF 8) Essere in grado di applicare le conoscenze fornite per comprendere le principali scoperte nella fisica nucleare e subnucleare nel XX secolo

OF 9) Comprendere il metodo sperimentali e le misure effettuate in alcuni degli esperimenti più importanti e celebri del XX secolo

D – Abilità nella comunicazione

OF 10) Saper discutere, a livello elementare, la fisica delle interazioni fondamentali delle particelle e gli aspetti di base della struttura dei nuclei.

E - Capacità di apprendere

OF 11) Avere la capacità di consultare articoli scientifici relativi alle misure discusse nel corso e capirne la metodologia e lo scopo

OF 12) Essere in grado di comprendere i processi di fisica di particelle elementari trattati nella Laurea Magistrale in Fisica, utilizzando le nozioni di cinematica e di leggi di conservazione di numeri quantici

1012093 |  
STRUTTURA  
DELLA MATERIA

3°

2°

6

ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p><b>OBIETTIVI GENERALI:</b>            Il corso si pone come obiettivo lo studio dei fondamenti struttura della materia, fornendo le basi della fisica atomica e molecolare, con una introduzione elementare alla fisica dei solidi, a partire dalle conoscenze e metodologie della meccanica quantistica. Lo studente al termine del corso avrà acquisito i concetti base per la determinazione degli autovalori energetici e autostati di sistemi atomici e molecolari in presenza di campi esterni. Le conoscenze acquisite in questo corso sono indispensabili per i corsi più avanzati di materia condensata e fisica dei solidi.</p>				
<p><b>OBIETTIVI SPECIFICI:</b></p> <p>A - Conoscenza e capacità di comprensione            OF 1) Conoscere i fondamenti della fisica atomica e molecolare, e le basi della fisica dei solidi.            OF 2) Comprendere gli spettri energetici e gli autostati di sistemi atomici, molecolari e solidi.            OF 3) Comprendere i principi dell'interazione tra radiazione e materia</p> <p>B – Capacità applicative            OF 4) Imparare ad applicare i principi della meccanica quantistica per la descrizione del comportamento di atomi e molecole            OF 5) Risolvere problemi legati al calcolo degli spettri atomici e molecolari            OF 6) Essere in grado di applicare tecniche perturbative e variazionali per il calcolo degli autostati di atomi e molecole</p> <p>C - Autonomia di giudizio            OF 7) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite al fine di applicarle successivamente nel contesto più generale della fisica della materia condensata</p> <p>D – Abilità nella comunicazione            OF 8) Saper comunicare i passaggi salienti necessari alla soluzione di problemi elementari inerenti la struttura della materia</p> <p>E - Capacità di apprendere            OF 9) Avere la capacità di consultare autonomamente testi di base e in qualche caso articoli scientifici al fine di approfondire in modo autonomo alcuni argomenti introdotti durante il corso.</p>				

## Obiettivi formativi

Gli obiettivi formativi specifici del corso di laurea in Fisica sono strettamente correlati alle discipline fondamentali, che forniscono una preparazione di base sia per l'inserimento nel mondo del lavoro, sia per la prosecuzione degli studi per il conseguimento della Laurea Magistrale e del Dottorato di Ricerca o attraverso corsi di Master. In particolare il laureato in Fisica dovrà avere una solida preparazione matematica, una conoscenza approfondita delle tematiche della fisica classica e moderna, nozioni di informatica, calcolo numerico, chimica ed elettronica. Nello specifico, l'ordinamento didattico propone : 1) nel primo biennio corsi di matematica/informatica e di chimica, preparatori allo studio della fisica, per un totale di almeno 18 + 6 CFU rispettivamente, in cui si acquisiscono le conoscenze fondamentali e gli aspetti metodologici della matematica, informatica e chimica; 2) corsi di fisica classica (primo e secondo anno) e di fisica moderna (terzo anno), divisi tra attività di base e caratterizzanti, come specificato quantitativamente nei quadri successivi per ciascun settore scientifico disciplinare. Inoltre, indicativamente in ogni semestre è previsto un corso obbligatorio di laboratorio avente come tema l'informatica, la fisica classica e moderna e l'elettronica. Il corso di studi è strutturato in diversi curricula, che rappresentano declinazioni distinte di un progetto unitario e che si distinguono per pochi insegnamenti caratterizzanti. Il percorso formativo si conclude con la presentazione di una dissertazione scritta, che rappresenta un approfondimento autonomo dello studente di un argomento della fisica trattata negli insegnamenti della laurea triennale.

## Profilo professionale

### Profilo

Fisico, astrofisico, astronomo

### Funzioni

Il laureato triennale in Fisica può svolgere e coordinare attività di tipo tecnico in enti di ricerca pubblici e privati e

piu' in generale, in imprese private e nella Pubblica Amministrazione. In particolare, puo' svolgere il ruolo di tecnico di laboratorio, programmatore scientifico, analizzatore di dati (data analyst), sviluppatore di software per applicazioni scientifiche ed industriali, tecnico commerciale per l'assistenza ai clienti (per esempio nel caso di aziende produttrici di strumentazione). Mettendo a frutto le proprie competenze interdisciplinari matematiche e tecniche, puo' interagire con successo con altre figure professionali come ingegneri, manager e specialisti delle tecnologie dell'informazione.

## **Competenze**

La laurea triennale in Fisica non e' una laurea professionalizzante e non e' pensata per fornire competenze per uno specifico ambito lavorativo, ma piuttosto come prerequisito per accedere alle lauree di secondo livello delle classi LM-17 e LM-58. Il laureato in Fisica ha comunque competenze che includono, oltre alla fisica (scienza dei materiali, ottica, fisica nucleare e radioprotezione, fisica medica, ecc..) anche l'elettronica, l'informatica e l'analisi dati.

## **Sbocchi lavorativi**

La formazione metodologica, lo spettro di conoscenze e la flessibilita? operativa acquisiti consentono al laureato in Fisica, qualora non intenda proseguire gli studi nel secondo livello, di trovare collocazione in una ampia gamma di aree professionali, che richiedono conoscenze specifiche relative a sistemi naturali ed artificiali, e in genere in tutte le attivita? ad alto grado di innovazione tecnologica nel settore sia pubblico che privato. In particolare, il laureato in Fisica potra' trovare una collocazione negli Enti di ricerca pubblici e privati, nella pubblica amministrazione, nell'industria, con particolare riguardo a quella elettronica, spaziale, dei semiconduttori e dell'energia, delle telecomunicazioni, nelle aziende che svolgono attivita? di valutazione della qualita? dei prodotti o il monitoraggio e la valutazione ambientale, nelle aziende informatiche e nel settore commerciale scientifico (per es. tecnico commerciale/tecnico di assistenza).

# **Frequentare**

## **Laurearsi**

La prova finale per il conseguimento del titolo di studio consiste nella presentazione e discussione orale di una dissertazione scritta, frutto di un'autonoma rielaborazione ed approfondimento del materiale trattato in uno dei corsi che sono stati seguiti, oppure di una esperienza svolta in un corso di laboratorio. L'argomento deve in ogni caso poter essere affrontato dallo studente con gli strumenti acquisiti nel corso della laurea triennale.

# Organizzazione

## Presidente del Corso di studio - Presidente del Consiglio di area didattica

Cesare Bini

## Tutor del corso

FABIO BELLINI  
CESARE BINI  
ROBERTO BONCIANI  
SERGIO CAPRARA  
ANTONIO DI DOMENICO  
SILVIA MASI  
ANDREA MESSINA  
GIOVANNI ORGANTINI  
RICCARDO PARAMATTI  
FRANCESCO PIACENTINI  
LORENZO ROVIGATTI  
FRANCESCO SANTANASTASIO  
FABIO SCIARRINO  
LEONETTA BALDASSARRE  
ALFREDO LEONARDO URBANO

## Manager didattico

## Rappresentanti degli studenti

VANESSA MANGIOLA  
LUDOVICO VALENTINI  
GIORGIA OLIVIERI  
DARIO CAGLIOTI  
ANDREA RINALDI  
SABINA FARRELLY  
NICOLA MARIA ROSA  
BENEDETTA FANTASIA  
GIORGIO DU MARTEAU  
DAVIDE MARSALA  
NATHAN CAMPIONI  
CLELIA FILESI  
PIETRO LAUDENZI  
ALESSANDRO FULLI  
ANDREA MICOZZI  
NUMA ZORZI  
FRANCESCO MONASTRA  
GABRIELE GUSSO

## Docenti di riferimento

SHAHRAM RAHATLOU  
FRANCESCO SANTANASTASIO  
SANDRO DE CECCO  
ALFREDO LEONARDO URBANO  
LETICIA CUNQUEIRO MENDEZ  
CECILIA VOENA  
ANDREA MESSINA

MARCO FELICI  
GIANLUCA CAVOTO  
MAURO RAGGI  
LORENZO ROVIGATTI  
GIOVANNI ORGANTINI  
LEONETTA BALDASSARRE  
RICCARDO PARAMATTI  
FABIO BELLINI  
RICCARDO MAZZARELLO  
ROBERTO CONTINO  
DANIELE DEL RE  
NAURANG LAL SAINI  
GIACOMO FRANGIPANE  
NICOLO' SPAGNOLO  
MARCO DRAGO  
MAURO LUCIO PAPINUTTO  
FRANCESCO ZAMPONI  
LARA BENFATTO  
CESARE BINI  
ANTONIO DI DOMENICO  
GIULIO D'AGOSTINI  
PAOLA LEACI  
IRENE ROSANA GIARDINA  
MARCO VIGNATI  
CLAUDIO LUCI  
FABIO SCIARRINO  
STEFANO LUPI  
TULLIO SCOPIGNO  
RICCARDO FACCINI  
LUDOVICA FALSI  
FEDERICO BORDI  
MARCO NARDECCHIA

## **Regolamento del corso**

Nota: l'uso del genere maschile si intende declinato anche al femminile ed è utilizzato unicamente per facilitare la lettura del testo.

**NG1 Requisiti di ammissione** Per l'ammissione al corso di Laurea triennale è richiesto un diploma di scuola secondaria superiore di durata quinquennale, o di altro titolo di studio conseguito all'estero e riconosciuto come equivalente dall'Amministrazione. Si esplicita che, per il Corso di Studi in oggetto, non è previsto alcun numero programmato.

**NG2 Modalità di verifica delle conoscenze in ingresso** Per l'accesso al Corso di Studio è necessario sostenere una prova di verifica delle conoscenze iniziali, obbligatoria, ma non selettiva, con l'attribuzione di Obblighi Formativi Aggiuntivi (OFA), per i dettagli fare riferimento ai bandi di ammissione. La prova è costituita da un test online (TOLC-S) erogato attraverso la piattaforma informatica CISIA nelle date e sessioni riportate sul sito [www.cisiaonline.it](http://www.cisiaonline.it). Per far fronte all'emergenza epidemiologica, sono stati predisposti i TOLC@CASA, che consentono la regolare erogazione dei TOLC anche presso il domicilio delle studentesse e degli studenti. I TOLC@CASA sono erogati con l'uso di strumenti e tecnologie in grado di realizzare aule virtuali in un ambiente sicuro e controllato, dove ogni candidato può essere correttamente identificato e può eseguire il proprio test in autonomia. Il mancato assolvimento dell'OFA comporta l'impossibilità di sostenere esami di profitto relativi ad anni successivi al primo. Tutti i dettagli sulle modalità e le tempistiche per l'iscrizione alla prova, sulle modalità di svolgimento e sui contenuti del test, sulle modalità di recupero e di superamento dell'OFA sono reperibili nello specifico bando pubblicato nella sezione "Iscriversi" della pagina del Corso di Studio sul sito <https://corsidilaurea.uniroma1.it>

**NG3 Passaggi, trasferimenti, abbreviazioni di corso, criteri per il riconoscimento crediti**

**NG3.1 Passaggi e trasferimenti** Le domande di passaggio di studenti provenienti da altri corsi di laurea della Sapienza e le domande di trasferimento di studenti provenienti da altre Università, da Accademie militari o da altri istituti militari d'istruzione superiore sono subordinate ad approvazione da parte del CAD che:

- valuta la possibilità di riconoscimento totale o parziale della carriera di studio fino a quel momento seguita, con la convalida di parte o di tutti gli esami sostenuti e degli eventuali crediti acquisiti, la relativa votazione; nel caso di passaggio fra corsi ex D.M. 270 della stessa classe vanno riconosciuti almeno il 50% dei crediti acquisiti in ciascun SSD (art. 3 comma 9 del D.M. delle classi di laurea);
- indica l'anno di corso al quale lo studente viene iscritto;
- stabilisce l'eventuale obbligo formativo aggiuntivo da assolvere;
- formula,

sentito lo studente, il percorso formativo per il conseguimento del titolo di studio. Le richieste di trasferimento al corso di laurea in Fisica devono essere presentate entro le scadenze e con le modalità specificate nel Regolamento studenti di Ateneo.

**NG3.2 Abbreviazioni di corso** Chi è già in possesso del titolo di laurea triennale, specialistica o altra laurea acquisita secondo un ordinamento previgente, oppure di laurea o laurea magistrale acquisita secondo un ordinamento vigente e intenda conseguire un ulteriore titolo di studio può chiedere al CAD l'iscrizione ad un anno di corso successivo al primo. Le domande sono valutate dal CAD, che in proposito:

- valuta la possibilità di riconoscimento totale o parziale della carriera di studio fino a quel momento seguita, con la convalida di parte o di tutti gli esami sostenuti e degli eventuali crediti acquisiti, la relativa votazione; nel caso di passaggio fra corsi ex D.M. 270 della stessa classe vanno riconosciuti almeno il 50% dei crediti acquisiti in ciascun SSD (art. 3 comma 9 del D.M. delle classi di laurea);
- indica l'anno di corso al quale lo studente viene iscritto;
- stabilisce l'eventuale obbligo formativo aggiuntivo da assolvere;
- formula, sentito lo studente, il percorso formativo per il conseguimento del titolo di studio.

Uno studente non può immatricolarsi o iscriversi ad un corso di laurea appartenente alla medesima classe nella quale ha già conseguito il diploma di laurea. Le richieste devono essere presentate entro le scadenze e con le modalità specificate nel Regolamento studenti di Ateneo.

**NG3.3 Criteri per il riconoscimento dei crediti** Possono essere riconosciuti tutti i crediti formativi universitari (CFU) già acquisiti se relativi ad insegnamenti che abbiano contenuti, documentati attraverso i programmi degli insegnamenti, coerenti con uno dei percorsi formativi previsti dal corso di laurea. Per i passaggi da corsi di studio della stessa classe è garantito il riconoscimento di un minimo del 50% dei crediti di ciascun settore scientifico disciplinare. Il CAD può deliberare l'equivalenza tra Settori scientifico disciplinari (SSD) per l'attribuzione dei CFU sulla base del contenuto degli insegnamenti ed in accordo con l'ordinamento del corso di laurea. I CFU già acquisiti relativi agli insegnamenti per i quali, anche con diversa denominazione, esista una manifesta equivalenza di contenuto con gli insegnamenti offerti dal corso di laurea possono essere riconosciuti come relativi agli insegnamenti con le denominazioni proprie del corso di laurea a cui si chiede l'iscrizione. In questo caso, il CAD delibera il riconoscimento con le seguenti modalità:

- se i CFU corrispondenti all'insegnamento di cui si chiede il riconoscimento coincidono con quello dell'insegnamento per cui esso viene riconosciuto, l'attribuzione avviene direttamente;
- se i CFU corrispondenti all'insegnamento di cui si chiede il riconoscimento sono in numero diverso rispetto all'insegnamento per cui esso viene riconosciuto, il CAD attribuirà i crediti sulla base del curriculum dello studente, anche per gruppi di esami di uno stesso SSD, eventualmente dopo colloqui integrativi; Il CAD può riconoscere come crediti le conoscenze e abilità professionali certificate ai sensi della normativa vigente in materia, nonché altre conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario alla cui progettazione e realizzazione l'Università abbia concorso. Tali crediti vanno a valere di norma sui 12 CFU relativi agli insegnamenti a scelta dello studente. In ogni caso, il numero massimo di crediti riconoscibili in tali ambiti non può essere superiore a 12. Le attività già riconosciute ai fini dell'attribuzione di CFU nell'ambito del corso di laurea non possono essere nuovamente riconosciute nell'ambito di corsi di laurea magistrale.

**NG4 Percorsi formativi curriculari e percorsi formativi individuali** Ogni studente deve ottenere l'approvazione ufficiale del proprio completo percorso formativo da parte del CAD (con procedura on-line, sia per l'inoltro da parte dello studente sia per la notifica della relativa approvazione) prima di poter verbalizzare esami relativi ad insegnamenti che non siano obbligatori per tutti gli studenti. Lo studente può ottenere tale approvazione con due procedimenti diversi:

1. aderendo ad uno dei percorsi formativi curriculari predisposti annualmente dal CAD;
2. presentando un percorso formativo individuale che deve essere valutato dal CAD per l'approvazione.

**NG4.1 Percorso formativo curriculare** Un percorso formativo curriculare deve rispettare le regole previste nel Manifesto del corso di laurea e riportare l'indicazione degli insegnamenti relativi ai 12 CFU a scelta dello studente (è tollerato un aumento fino a 15). Questi ultimi possono essere scelti fra tutti quelli presenti nell'ambito dell'intera offerta formativa della Sapienza purché coerenti con il resto del percorso formativo. Il percorso formativo si presenta on-line, secondo la procedura informatica di compilazione prevista dall'Università "La Sapienza"; ulteriori indicazioni presso la Segreteria didattica. Il percorso formativo curriculare va presentato nelle date stabilite dal Consiglio di Area Didattica. Viene valutato da un docente membro della Commissione per i percorsi formativi degli studenti, al fine di verificare che gli insegnamenti a scelta indicati siano effettivamente congruenti con il percorso formativo. In caso affermativo, il percorso formativo curriculare viene approvato. In caso negativo, lo studente viene invitato a modificare l'elenco degli insegnamenti a scelta. Dopo l'approvazione, successivamente ratificata in CAD, per le sessioni del nuovo anno accademico, lo studente è autorizzato a sostenere e verbalizzare, oltre agli esami obbligatori per tutti gli studenti, anche quelli relativi a tutti gli insegnamenti non obbligatori elencati nel percorso formativo scelto. L'adesione ad un percorso formativo curriculare può essere effettuata una sola volta per ogni anno accademico, di norma a partire dal secondo anno.

**NG4.2 Percorso formativo individuale** Il percorso formativo individuale deve rispettare le regole dell'offerta formativa del corso di laurea. Il percorso formativo si presenta on-line, nelle date stabilite dal Consiglio di Area Didattica, secondo la procedura informatica di compilazione prevista dall'Università "La Sapienza"; ulteriori indicazioni presso la Segreteria didattica. Viene valutato da un docente membro della Commissione per i percorsi formativi degli studenti, al fine di verificare che gli insegnamenti indicati siano effettivamente congruenti con il percorso formativo. In caso negativo, lo studente viene invitato dalla Segreteria Didattica alla rettifica dello

stesso. Dopo l'approvazione, successivamente ratificata in CAD, per le sessioni del nuovo anno accademico, lo studente è autorizzato a sostenere e verbalizzare, oltre agli esami obbligatori per tutti gli studenti, anche quelli relativi a tutti gli insegnamenti non obbligatori elencati nel percorso formativo approvato. Il percorso formativo individuale può essere presentato una sola volta per ogni anno accademico, di norma a partire dal secondo anno di corso. Qualora lo studente provenga da passaggio o trasferimento o da abbreviazione di corso deve presentare un percorso formativo utilizzando un apposito modulo on-line; ulteriori indicazioni sono disponibili presso la Segreteria didattica.

**NG4.3 Modifica dei percorsi formativi curricolari e dei percorsi formativi individuali**  
Lo studente al quale sia già stato approvato un percorso formativo, curricolare o individuale, può in un successivo anno accademico presentare un nuovo percorso formativo, curricolare o individuale. Tuttavia in tale caso, gli esami già verbalizzati non possono essere sostituiti, quindi si avvertono gli studenti che potrebbe non essere consentito il passaggio di curriculum, qualora fossero stati già sostenuti esami non presenti nel nuovo curriculum di destinazione, o non collocabili tra gli esami a scelta libera. Il nuovo percorso formativo viene valutato da un docente membro della Commissione per i percorsi formativi degli studenti, al fine di verificarne la coerenza.

**NG5 Modalità didattiche**  
Le attività didattiche sono di tipo convenzionale e distribuite su base semestrale. Gli insegnamenti sono impartiti attraverso lezioni ed esercitazioni in aula e/o attività in laboratorio, organizzando l'orario delle attività in modo da consentire allo studente un congruo tempo da dedicare allo studio personale. La durata nominale del corso di laurea è di 6 semestri, pari a tre anni.

**NG5.1 Crediti formativi universitari**  
Il credito formativo universitario (CFU) misura la quantità di lavoro svolto da uno studente per raggiungere un obiettivo formativo. I CFU sono acquisiti dallo studente con il superamento degli esami o con l'ottenimento delle idoneità, ove previste. Il sistema di crediti adottato nelle università italiane ed europee prevede che ad un CFU corrispondano 25 ore di impegno da parte dello studente, distribuite tra le attività formative collettive istituzionalmente previste (ad es. lezioni, esercitazioni, attività di laboratorio) e lo studio individuale. Nel corso di laurea in Fisica, in accordo con il regolamento didattico di Ateneo, un CFU corrisponde a 8-10 ore di lezione, oppure a 10-12 ore di laboratorio o esercitazione guidata. La corrispondenza viene definita annualmente dal Consiglio di Area Didattica. Le schede individuali di ciascun insegnamento, consultabili sul sito web del corso di laurea, riportano la ripartizione dei CFU e delle ore di insegnamento nelle diverse attività, insieme ai prerequisiti, agli obiettivi formativi e ai programmi di massima. Il carico di lavoro totale per il conseguimento della laurea è di 180 CFU, corrispondenti a 4500 ore di impegno da parte dello studente. Nell'ambito del corso di laurea in Fisica la quota a disposizione dello studente per lo studio personale o per altre attività formative di tipo individuale è almeno il 60% dell'impegno orario complessivo.

**NG5.2 Calendario didattico**  
Di norma, la scansione temporale è la seguente: • primo semestre: da fine settembre a gennaio; • prima sessione di esami: fine gennaio - febbraio; • secondo semestre: da fine febbraio a giugno; • seconda sessione di esami: giugno e luglio; • terza sessione di esami: settembre. Il dettaglio delle date di inizio e fine delle lezioni di ciascun semestre e di inizio e fine di ciascuna sessione d'esami è pubblicato sul sito web del Corso di laurea. I periodi dedicati alle lezioni e agli esami non possono sovrapporsi. In deroga a tale norma, gli studenti iscritti fuori corso o che abbiano completato la frequenza a tutti i corsi, nonché gli studenti iscritti a tempo parziale e che appartengono ad altre categorie equiparate secondo il Regolamento studenti di Ateneo vigente, possono partecipare a due appelli straordinari, di norma nei mesi di maggio e di novembre, allo scopo di permettere loro di laurearsi nelle sessioni di luglio e gennaio. Gli insegnamenti possono prevedere l'assegnazione di attività da svolgere in autonomia e prove in itinere, che possono valere ai fini dell'esame finale.

**NG5.3 Prove d'esame**  
La verifica delle conoscenze acquisite avviene mediante prove di esame orale, alle quali si accede di norma superando una prova scritta o una prova individuale di laboratorio, oppure sostenendo con esito positivo le prove "in itinere". La valutazione del profitto individuale dello studente, per ciascun insegnamento, viene espressa mediante l'attribuzione di un voto in trentesimi, nel qual caso il voto minimo per il superamento dell'esame è 18/30, oppure di una idoneità.

**NG5.4 Verifica delle conoscenze linguistiche**  
L'acquisizione dei 3 crediti per la conoscenza della lingua inglese avviene attraverso il superamento di una idoneità durante il percorso formativo.

**NG6 Modalità di frequenza, propedeuticità, passaggio ad anni successivi**  
La frequenza assidua di tutti i corsi è una condizione essenziale per un proficuo inserimento dello studente nell'organizzazione del corso di laurea ed è pertanto vivamente consigliata. La frequenza alle esercitazioni di laboratorio, quando previste, è obbligatoria, salvo che per l'insegnamento Laboratorio di Calcolo, per il quale la frequenza è comunque fortemente consigliata. Nel corso di laurea in Fisica non sono previste propedeuticità formali. Tuttavia, la collocazione degli insegnamenti nel percorso formativo è una chiara indicazione dell'ordine ottimale col quale seguirli e sostenerne gli esami. Nel caso in cui lo studente non superi un esame non avrà sbarramenti amministrativi al superamento degli esami successivi; egli dovrà programmare il recupero dell'esame non superato in modo da non produrre uno sfasamento tra corsi seguiti ed esami da preparare.

**NG7 Regime a tempo parziale**  
I termini e le modalità per la richiesta del regime a tempo parziale nonché le relative norme sono stabilite nel Regolamento studenti di Ateneo e sono consultabili sul sito web della Sapienza.

**NG8 Studenti fuori corso e validità dei crediti acquisiti**  
Ai sensi del Regolamento studenti di Ateneo, consultabile nel sito web dell'Università "La Sapienza", lo studente si considera fuori corso quando abbia seguito il corso di studi per la sua intera durata senza tuttavia aver conseguito il titolo accademico o senza aver superato tutti gli esami necessari per l'ammissione all'esame finale. Ai sensi del

medesimo Regolamento studenti di Ateneo: • lo studente a tempo pieno che sia fuori corso deve superare le prove mancanti al completamento della propria carriera universitaria entro il termine di 9 anni dall'immatricolazione; • lo studente a tempo parziale che sia fuori corso deve superare le prove mancanti al completamento della propria carriera universitaria entro un termine di anni pari al doppio della durata concordata per il regime a tempo parziale. NG9 Tutorato Gli studenti del corso di laurea in Fisica possono usufruire della presenza di docenti indicati dal CAD che svolgono il ruolo di tutor. In qualunque momento lo ritengano necessario possono rivolgersi ad essi per avere consigli o suggerimenti sullo svolgimento dei propri studi. Per i corsi di base, soprattutto dei primi anni, sono previste figure di studenti tutor di cui i docenti si avvalgono per le attività didattiche. Tali tutor sono a disposizione degli studenti per chiarimenti sui contenuti del corso. NG10 Percorsi di eccellenza Il Consiglio di Area Didattica in Scienze e Tecnologie Fisiche, Scienze Fisiche e Scienze dell'Universo istituisce un Percorso di eccellenza per la laurea in Fisica, allo scopo di valorizzare la formazione degli studenti iscritti, meritevoli e interessati ad attività di approfondimento e di integrazione culturale. A ciascuno/a studente/essa ammesso/ ammesso/a al Percorso di Eccellenza vengono assegnati uno o più docenti tutor che ne seguono il Percorso e collaborano all'organizzazione delle attività concordate con lo studente. Gli studenti ammessi al Percorso di Eccellenza si dedicheranno ad attività formative aggiuntive a quelle del corso di studio al quale sono iscritti. Tali attività sono, in parte programmate dal CAD e consistono in approfondimenti disciplinari e interdisciplinari, attività seminariali e di tirocinio; in parte, sono concordate con i singoli studenti, in relazione alle loro vocazioni culturali e scientifiche. Le attività formative aggiuntive possono essere individuate anche nell'ambito delle attività didattiche organizzate dalla Scuola Superiore di Studi Avanzati di Sapienza Università di Roma per gli studenti e le studentesse non appartenenti alla SSAS. Gli studenti Erasmus che svolgono una parte del loro curriculum presso una Università straniera ed hanno accesso al percorso di eccellenza possono svolgere parte del percorso di eccellenza presso l'istituzione estera che li ospita. L'accesso al Percorso di eccellenza avviene su domanda dell'interessato, con istanza presentata, successivamente alla pubblicazione del bando, al Consiglio di Area Didattica, al termine del primo anno di frequenza del Corso di Laurea. I requisiti richiesti sono: • acquisizione di tutti i Crediti Formativi Universitari (CFU) previsti nel primo anno entro la data fissata dal regolamento dei percorsi d'eccellenza; • conseguimento di una media pesata dei voti d'esame non inferiore a ventisette/trentesimi (27/30). Per poter proseguire nel Percorso di eccellenza lo studente, oltre ad aver svolto le attività specifiche del percorso, deve aver acquisito tutti i crediti previsti per l'anno di frequenza entro il 31 ottobre con una votazione media non inferiore a ventisette/trentesimi (27/30). La verifica dei requisiti predetti viene effettuata, al termine di ogni anno accademico, dal CAD su relazione del/della docente o dei docenti tutor. Per poter concludere con successo il Percorso di Eccellenza lo/la studente/essa, oltre ad aver svolto le attività proprie del Percorso, deve aver acquisito entro il 30 Novembre dell'anno accademico di riferimento tutti i crediti formativi universitari (CFU) previsti, incluso l'esame di Laurea, ed aver ottenuto una votazione media pesata non inferiore a ventisette/trentesimi(27/30). La verifica dei requisiti predetti viene effettuata, al termine di ogni anno accademico, dal Consiglio di Area Didattica su relazione dei docenti tutor Contestualmente al conseguimento del titolo di laurea, per ciascuno/a studente/essa il CAD certifica la positiva conclusione del Percorso di Eccellenza. La Segreteria Studenti, acquisita tale certificazione, provvede alla registrazione del Percorso di Eccellenza affinché compaia nella certificazione di carriera dello studente stesso. Unitamente alla certificazione, l'Università conferisce allo studente un premio pari all'importo delle tasse versate nell'ultimo anno di corso, al netto del contributo unico e della tassa regionale. I bandi di ammissione ai Percorsi di Eccellenza vengono pubblicati sulla piattaforma Corsi di Laurea di Ateneo, nonché sul portale Amministrazione Trasparente dell'Ateneo. Per ogni ulteriore informazione si fa riferimento al Regolamento dei Percorsi di eccellenza, pubblicato sul sito web della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, e sul sito del Dipartimento di Fisica. NG11 Prova finale Per essere ammesso alla prova finale lo studente deve aver conseguito tutti i CFU previsti dall'ordinamento didattico per le attività diverse dalla prova finale e deve aver adempiuto alle formalità amministrative previste dal Regolamento studenti di Ateneo . La prova finale consiste nell'elaborazione di una dissertazione, assegnata di norma al termine del primo semestre del III anno di corso, che viene redatta sotto la supervisione di un relatore e viene presentata e discussa dal candidato davanti a una apposita Commissione di Laurea. Il calendario delle sedute di Laurea è stabilito all'inizio di ogni anno accademico e riportato sul sito web del Corso di laurea. La dissertazione, a cui corrispondono 3 crediti, deve consistere in un elaborato di non più di 20 pagine su un argomento non originale, tipicamente una compilazione approfondita di argomenti trattati nei corsi seguiti dal candidato oppure una relazione di attività di laboratorio. L'argomento deve in ogni modo poter essere affrontato dallo studente con gli strumenti acquisiti nel corso della laurea. E' ammessa la redazione della dissertazione in lingua inglese. La votazione finale si basa sulla valutazione del curriculum degli studi, della dissertazione e della prova finale, e su ulteriori elementi rivolti ad incentivare il superamento degli esami nei tempi stabiliti dall'ordinamento didattico. La Commissione di laurea esprime la votazione in centodecimi e può, all'unanimità, concedere al candidato il massimo dei voti con lode. NG12 Applicazione dell'art. 6 del regolamento studenti (R.D. 4.6.1938, N. 1269) Gli studenti iscritti al corso di laurea in Fisica, onde arricchire il proprio curriculum degli studi, possono presentare domanda per frequentare e sostenere ogni anno due esami di insegnamenti di altri corsi di studi, secondo quanto previsto dall'Art. 6 del R.D. N.1239 del 4/6/1938, mediante domanda con

autocertificazione degli esami già sostenuti da indirizzare alla Segreteria Didattica che la sottoporra' al CAD. La stessa domanda potra' poi essere presentata alla Segreteria Studenti della Facoltà di Scienze M.F.N. secondo i tempi e le modalita' previste dal Regolamento studenti vigente. Tali esami non devono essere inseriti nel piano di studio. Visto il significato scientifico e culturale di tale norma, il CAD ha deliberato che tale richiesta possa essere avanzata soltanto da studenti che abbiano ottenuto almeno 18 crediti negli insegnamenti del primo anno del corso di laurea in Fisica.

# Assicurazione qualità

## Consultazioni iniziali con le parti interessate

Nella progettazione del corso si è tenuto conto delle indicazioni emerse dalle indagini AlmaLaurea e dalle consultazioni nazionali tra i Presidenti dei C.d. A. Didattica in Fisica, conclusesi il 27/9/2007 a Pisa nel congresso della SIF. Nel Dip.di Fisica è istituita dal 21/11/2005 una commissione 'Placement e post-laurea' per i contatti col mondo del lavoro: Documenti consultabili su :<http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/jobs/job.html>. In un incontro presso l'Unione Industriali di Roma, il 2/5/ 2007, si sono stabilite le basi per un rapporto sistematico e favorire l'inserimento professionale dei laureati. Le esigenze per la formazione degli insegnanti sono state esaminate in una consultazione con il Coordinatore dell'indirizzo F.M.I.della SSIS Lazio, tenuta il 25/10/2006. Le esigenze della ricerca pubblica sono discusse con le strutture che collaborano col nostro Dipartimento . Nell'incontro finale della consultazione del 24 gennaio 2008, 'sulla base delle motivazioni presentate e tenuto conto della consultazione e delle valutazioni effettuate precedentemente dalle facoltà proponenti, considerando favorevolmente la razionalizzazione dell'offerta complessiva con riduzione del numero dei corsi, in particolare dei corsi di laurea, preso atto che nessun rilievo è pervenuto nella consultazione telematica che ha preceduto l'incontro e parimenti nessun rilievo è stato formulato durante l'incontro, viene espresso parere favorevole all'istituzione dei singoli corsi, in applicazione del D.M. 270/2004 e successivi decreti.

## Consultazioni successive con le parti interessate

Al fine di progettare e migliorare l'offerta formativa del Corso di Laurea, sono previste numerose iniziative volte a mettere in relazione il Corso di Laurea stesso con tutti i soggetti che costituiscono nel loro complesso le cosiddette "Parti Interessate". Nel seguito sono riportate le principali iniziative che hanno avuto luogo negli ultimi anni. Dato che la stragrande maggioranza dei laureati triennali (oltre il 95%) prosegue con l'iscrizione ad una Laurea Magistrale, il Consiglio di Area Didattica dedica particolare attenzione alla progettazione della Laurea Triennale in connessione con i contenuti offerti nella Lauree Magistrali. Attraverso incontri periodici tra i docenti coinvolti sono esaminati i contenuti dei corsi della Laurea Triennale stessa. Inoltre, annualmente l'offerta formativa delle due Laurea Magistrali offerte da Sapienza, in Fisica e in Astronomia e Astrofisica viene presentata agli studenti del terzo anno della Laurea Triennale. Nel 2019 il Dipartimento di Fisica ha istituito la commissione "Job Placement" che opera in stretta connessione con il Consiglio di Area Didattica. Da allora tale commissione ha organizzato incontri con rappresentanti del mondo del lavoro con lo scopo di dare la possibilità ad enti ed aziende di incontrare direttamente gli studenti di Fisica. In alcuni casi è stato possibile avere ex-studenti di Fisica come relatori, cercando di fare leva sul loro ruolo di "testimonial" per sollecitare l'interesse degli studenti. L'elenco degli eventi insieme a tutte le informazioni della commissione "placement" è disponibile all'indirizzo:

<https://www.phys.uniroma1.it/fisica/didattica/placement>. Gli incontri riscuotono in genere un buon successo. Dopo una comprensibile pausa nel periodo del lockdown del 2020, gli incontri sono ripresi nel 2021. Nell'anno solare 2021 sono stati organizzati cinque incontri con altrettante aziende. Nel 2022 il CAD in Scienze Fisiche in collaborazione con la commissione "Job Placement" ha deciso di ampliare la lista di parti interessate includendo altre aziende che hanno contatti con docenti del Dipartimento. Sono stati inclusi nella lista anche soggetti operanti nel mondo della divulgazione e più in generale della comunicazione scientifica. A questa nuova lista ampliata di parti interessate che costituisce il Comitato di Indirizzo, è stato inviato un Questionario nel quale si chiede alle Aziende di valutare la qualità dei laureati, triennali o magistrali. In una riunione della commissione "Job Placement" in presenza del Presidente CAD sono stati discussi gli esiti di tale questionario, ed è stato stabilito di indire una riunione con il Comitato di Indirizzo per approfondire i temi sollevati dalle risposte. Il verbale della riunione della commissione è disponibile in

[https://drive.google.com/file/d/16SjNK5yKFDqsg2XtNdc6ZZ4hQ1nfvO4U/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/16SjNK5yKFDqsg2XtNdc6ZZ4hQ1nfvO4U/view?usp=share_link) La riunione con il Comitato di Indirizzo si è svolta nel dicembre del 2022 e ha visto la partecipazione di circa 20 rappresentanti di altrettante Aziende ed Enti Ricerca oltre a rappresentanti dell'insegnamento e della divulgazione. Dalla riunione sono emersi elementi di grande interesse per la progettazione della Laurea Triennale in Fisica. Da parte dei soggetti intervenuti viene confermata la tendenza generale per la quale i laureati triennali in Fisica, nella stragrande maggioranza dei casi (oltre il 95%) non entra direttamente nel mondo del lavoro ma prosegue iscrivendosi ad una Laurea Magistrale. Da parte delle Aziende non si riscontra del resto un significativo interesse per i laureati triennali, ma piuttosto per il tipo di formazione che la Laurea Triennale garantisce. Da parte di Aziende ed Enti di Ricerca è unanimemente sottolineata infatti l'importanza che ha una solida formazione di base per l'inserimento in qualunque ambito del mondo di lavoro. Vi è pertanto la richiesta che il livello della formazione di base non sia abbassato soprattutto nei corsi fondamentali della Laurea Triennale. Sono inoltre considerati

elementi positivi l'attitudine alla soluzione di problemi (che viene particolarmente accresciuta attraverso la pratica di esami scritti) e la pratica di laboratorio in tutte le sue articolazioni. Queste caratteristiche della Laurea Triennale costituiscono la base della preparazione di laureati magistrali che riescono ad operare in settori anche molto diversi del mondo del lavoro con una spiccata capacità di affrontare e risolvere problemi. Il verbale della riunione con il Comitato di Indirizzo è disponibile in [https://docs.google.com/document/d/13qq5sL2UcQ2dNqA-s6VrB1KYZVhRi5oVSGWF8dU65Xs/edit?usp=share\\_link](https://docs.google.com/document/d/13qq5sL2UcQ2dNqA-s6VrB1KYZVhRi5oVSGWF8dU65Xs/edit?usp=share_link) In vista della modifica ordinamentale della Laurea Triennale in Fisica che avrà luogo nel 2025, sono in programma altri incontri con le Parti Interessate volti a ricevere suggerimenti ed indicazioni circa possibili modifiche alla struttura dell'offerta formativa della Laurea Triennale.

## **Organizzazione e responsabilità della AQ del Cds**