

ALLEGATO B2 al Regolamento _ a.a. 2022/2023

**Elenco degli insegnamenti con Settori Scientifico Disciplinari (SSD),
Obiettivi formativi specifici e propedeuticità**

Le tipologie di attività didattica sono: lezioni d'aula (A), esercitazioni d'aula (E), esercitazioni di laboratorio (L).

DM 270/04, art. 12.2.b-c

<i>Attività Formativa</i>	Algebra Geometrica per la Fisica
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Ci si propone di introdurre un formalismo matematico unificato per la fisica basato sull'algebra di Clifford. L'introduzione di spinori e quaternioni, elementi base di quest'algebra, rende molto più potente il formalismo matematico a disposizione della fisica rendendolo al tempo stesso più simile a quello della meccanica quantistica.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Algebra lineare, geometria, fisica classica
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Algoritmi Quantistici in Sistemi Quantistici Aperti
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Lo scopo dell'insegnamento è di introdurre algoritmi avanzati di computazione quantistica e metodi di trattamento dei rumori nella computazione quantistica. Conoscenze di base di computazione quantistica sono preferibili. L'insegnamento si compone di tre parti. Parte 1: descrizione di alcuni algoritmi di computazione quantistica, come ad esempio l'algoritmo di Shor o gli algoritmi di ottimizzazione quantistica;

	<p>Parte 2: Studio dei rumori e degli effetti di decoerenza in circuiti quantistici e in protocolli di crittografia quantistica. Questa parte è necessaria in visione di un'applicazione realistica degli algoritmi, dove errori dovuti ad imperfezione dell'hardware o rumori esterni sono inevitabili;</p> <p>Parte 3: Studio delle tecniche di correzione degli errori quantistici: la presenza di noise ed imperfezioni, discussa al punto precedente, implica errori nei quantum gates che possono compromettere il funzionamento del circuito. Queste tecniche di correzione servono a mitigare gli effetti di tali errori.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza di base della computazione quantistica
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Applicazioni della Radiazione di Sincrotrone
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	992SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Conoscenza dei meccanismi di interazione dei raggi X e dei raggi ultravioletti con la materia; conoscenza delle proprietà della luce di sincrotrone e della strumentazione necessaria a generarla; conoscenza della struttura di una sorgente di luce di sincrotrone e di una linea di luce; conoscenza delle principali tecniche di indagine sperimentale con luce di sincrotrone (microscopie, spettroscopie, tecniche di immagine).
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Padronanza dell'elettromagnetismo e dell'elettrodinamica, conoscenza delle basi della teoria della relatività ristretta, conoscenza della fisica dello stato solido.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Approfondimenti di Elettrodinamica
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6

<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h
<i>Obiettivi specifici</i>	Approfondire alcuni argomenti di elettrodinamica (ED) studiati nei corsi precedenti, affrontarne di nuovi e indagare su alcune questioni critiche e fenomenologie inspiegabili secondo i postulati normalmente assunti. In particolare: da un lato, scoprire le contraddizioni della teoria macroscopica del continuo e l'impossibilità di spiegare il comportamento microscopico della materia; dall'altro, introdurre alcuni aspetti e argomenti normalmente trascurati, quali i processi radiativi e la reazione di radiazione, i campi elettromagnetici nella materia condensata alla scala nanoscopica, elettrodinamica nei superconduttori, cristalli fotonici, segnali superluminali.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze di base dell'elettromagnetismo e elettrodinamica, della relatività speciale e della rappresentazione relativisticamente covariante dell'elettrodinamica classica.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Astrofisica delle galassie
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Il corso è finalizzato alla conoscenza approfondita ed aggiornata di galassie e sistemi di galassie fornendo i principi di base necessari per la determinazione delle quantità fisiche fondamentali di questi oggetti, in particolare in connessione alle problematiche di dinamica attraverso lo studio dell'equilibrio e della stabilità dei sistemi auto-gravitanti.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Astrofisica Nucleare e Subnucleare
<i>SSD</i>	FIS/04

<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	984SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Introduzione dello stato dell'arte nel campo della fisica astro-particellare. Metodologie e Strumenti di analisi.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Interazione radiazione materia.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Astrofisica stellare
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Conoscere la fisica degli interni e delle atmosfere stellari. Nella prima parte del corso verranno acquisite conoscenze relative ai meccanismi fisici su cui si basano la struttura e l'evoluzione delle stelle. Nella seconda parte del corso si acquisiranno conoscenze riguardo alle atmosfere stellari e si deriveranno i loro parametri specifici: distribuzione di temperatura, densità, opacità e composizione chimica.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Atomi Molecole e Fotoni
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)

<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende fornire gli strumenti fondamentali per la comprensione dei fenomeni e delle tecniche sperimentali nel vasto campo della fisica atomica, molecolare e ottica (AMO physics). Basandosi sul paradigma del sistema quantistico a due livelli, una parte consistente del corso sarà dedicata all'interazione radiazione-materia nei regimi semi-classico e quantistico, toccando importanti applicazioni come la generazione di stati quantistici della luce. Seguendo la complessità crescente nella struttura di atomi e molecole, verranno trattati gli aspetti essenziali delle tecniche di indagine spettroscopica e di manipolazione degli stati atomici. Nella parte finale del corso, verrà data particolare enfasi ad argomenti moderni quali i reticoli ottici, gli orologi atomici, la cavity QED ed altre piattaforme sperimentali per il calcolo quantistico, affinché gli studenti acquisiscano le conoscenze necessarie a comprendere i recenti sviluppi di ricerca nel campo.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza di meccanica quantistica (laurea triennale). Nozioni di base in ottica/fotonica e struttura della materia sono utili.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Biofisica Sperimentale
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	588SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Acquisizione delle conoscenze di base delle tecniche di biofisica sperimentale e alcune applicazioni nei campi della biofisica molecolare e della mecano-biologia.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Non è richiesto agli studenti alcun corso propedeutico. La conoscenza di concetti di base di meccanica dei solidi e di meccanica statistica potrebbe essere altresì un vantaggio.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Caratteristiche generali dei Rivelatori
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6

<i>Codice</i>	981SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'obiettivo dell'insegnamento è l'apprendimento delle leggi fisiche che regolano l'interazione della radiazione carica e neutra con la materia, le proprietà generali dei rivelatori e lo studio dei principali rivelatori di energia e posizione. Al termine del corso lo studente dev'essere in grado di progettare un apparato sperimentale per la rivelazione di specifiche particelle ed energie.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Cosmologia I
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	966SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Nella prima parte del corso lo studente acquisirà conoscenze di base di Relatività Generale. Nella seconda parte lo studente acquisterà confidenza con i diversi modelli cosmologici, con le basi della cosmologia osservativa, con il modello cosmologico standard (Big Bang) e gli eventi fondamentali dell'evoluzione cosmica, con le teorie relative all'inflazione, alla costante cosmologica, alla materia ed all'energia oscura.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Buona conoscenza della Relatività Speciale.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Cosmologia II
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	814SM

<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento è finalizzato alla conoscenza approfondita ed aggiornata delle problematiche di cosmologia legate allo studio della formazione di galassie, ammassi di galassie e della struttura su grande scala dell'Universo nell'ambito dei modelli cosmologici correnti. L'apprendimento di elementi di evoluzione delle perturbazioni in regime lineare e non lineare, sia tramite tecniche analitiche che numeriche permetterà agli studenti di conoscere i meccanismi che sono alla base della formazione ed evoluzione delle strutture cosmiche. L'apprendimento di tecniche statistiche per quantificare la distribuzione di tali strutture permetterà inoltre di comprendere appieno il confronto tra le predizioni teoriche di tali modelli ed i dati osservativi correnti. Tale apprendimento sarà anche finalizzato alla comprensione dei progressi in ambito cosmologico che saranno resi possibili dalla prossima generazione di telescopi sia collocato a terra che nello spazio.
<i>Propedeuticità</i>	Cosmologia I
<i>Prerequisiti</i>	Sono richieste conoscenze di argomenti trattati in corsi precedenti di Fisica (termodinamica, meccanica statistica, relatività, meccanica quantistica) e di Astrofisica (cosmologia I, sistemi autogravitanti, processi radiativi, astrofisica osservativa).
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Dinamica delle interazioni elettrodeboli e forti
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Lo scopo dell'insegnamento è fornire le conoscenze di base e strumenti matematici utili per affrontare problemi di ricerca alla frontiera del settore della fisica teorica delle particelle elementari. In particolare, offrire agli studenti una conoscenza avanzata della teoria del modello standard per le interazioni elettrodeboli e forti, inclusi i suoi aspetti quantistici e principali implicazioni fenomenologiche.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze di base di: teorie di campo quantistiche relativistiche, teoria delle perturbazioni, teoria della matrice di diffusione S, diagrammi di Feynman, teoria dei gruppi e loro applicazioni in fisica delle particelle, e delle teorie di gauge.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Evoluzione di Stelle e Galassie
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	970SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Conoscere l'evoluzione delle stelle e delle popolazioni stellari nelle galassie. Lo studente acquisirà conoscenze sui principi di nucleosintesi stellare, dalla nucleosintesi primordiale alle supernovae e ai raggi cosmici; teorie sui progenitori delle supernovae di diverso tipo. Acquisirà inoltre conoscenze sulla sequenza di Hubble delle galassie e le proprietà osservative della Galassia: principi di evoluzione chimica delle galassie, il tasso di formazione stellare, la funzione iniziale di massa e la produzione di elementi chimici da parte delle stelle; confronto tra modelli teorici e osservazioni; evoluzione spettrofotometrica delle galassie; calcolo dell'evoluzione della luminosità bolometrica e delle luminosità monocromatiche per popolazioni stellari semplici e composte e confronti con le osservazioni; derivazione dell'età degli oggetti astronomici utilizzando l'evoluzione fotometrica ed altri metodi. Età dell'universo. Diagramma di Hubble e parametro di decelerazione dell'universo.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscere la Fisica degli interni stellari
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica dei Dispositivi Elettronici
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>L'insegnamento ha l'obiettivo principale di trattare le proprietà fisiche dei dispositivi elettronici, con particolare riguardo alla loro applicazione nella strumentazione per la fisica.</p> <p>Il corso richiama gli elementi fondamentali costitutivi dei circuiti elettronici e introduce agli strumenti di analisi dei circuiti e di trattamento del segnale; introduce i circuiti lineari e gli amplificatori; tratta la fisica dei materiali semiconduttori e il principio di funzionamento dispositivi a semiconduzione, la struttura e le caratteristiche di diodi e transistor;</p>

	<p>introduce alcune applicazioni di tali dispositivi nella fisica.</p> <p>Il corso completa ed estende le conoscenze acquisite nei corsi di elettromagnetismo e prepara gli studenti alla comprensione e all'utilizzo della strumentazione elettronica usata nei vari campi della fisica.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Concetti base di elettromagnetismo
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica dei Sistemi Disordinati
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>L'obiettivo del corso è di presentare la fenomenologia e la descrizione teorica dei sistemi disordinati in regime classico, con particolare attenzione alle proprietà fisiche di liquidi, liquidi sottoraffreddati e materiali soffici (colloidi e polimeri). L'insegnamento fornirà i concetti e gli strumenti analitici necessari alla modellizzazione di questi sistemi e introdurrà alcuni dei problemi aperti della fisica dei sistemi vetrosi e della materia soffice. Alcuni aspetti del corso verranno approfonditi con metodi computazionali.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Termodinamica, fisica statistica
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica dell'Atmosfera
<i>SSD</i>	FIS/06
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	774SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)

<i>Obiettivi specifici</i>	Conoscenza delle proprietà fondamentali, della dinamica e della termodinamica dell'atmosfera. Formulazione e realizzazione di alcuni semplici modelli analitici di sistemi dinamici atmosferici.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Meccanica e termodinamica classica, elettromagnetismo, interazione radiazione-materia, calcolo differenziale ed integrale, rudimenti di equazioni differenziali ordinarie e alle derivate parziali.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica della Materia Condensata I
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	997SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende fornire i concetti teorici fondamentali per capire il comportamento degli elettroni nei cristalli e gli strumenti di base per trattarli, sia in problemi risolvibili con metodi classici che in quelli che richiedono un trattamento quantistico. Principali argomenti: modelli per elettroni liberi non interagenti. Reticoli e strutture cristalline. Elettroni indipendenti in un potenziale periodico (elettroni di Bloch) e bande di energia. Semiconduttori. Magnetismo.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Concetti base in Teoria Quantistica e Meccanica Statistica
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica della Materia Condensata II
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	967SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende fornire tecniche teoriche per trattare gli effetti delle interazioni in sistemi a molti corpi, considerando tra l'altro il formalismo del funzionale densità, la risposta lineare e schermo dielettrico, sistemi di elettroni e fononi, superconduttività.

<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza pratica di: Modello di Drude; Modello di Sommerfeld; solidi cristallini e Reticoli di Bravais; caratteristiche di autofunzioni ed autovalori dell'energia per una particella in un potenziale periodico; trattamento semiclassico del moto di un elettrone in un cristallo.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica Nucleare
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	989SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Acquisire la conoscenza delle più significative proprietà statiche dei nuclei e dei principali meccanismi dei processi di decadimento nucleare. Acquisire conoscenze relative alle applicazioni energetiche e mediche della fisica nucleare.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Laurea triennale in Fisica
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica sperimentale nucleare e subnucleare
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	818SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Acquisire le conoscenze fondamentali sulle basi fenomenologiche del Modello Standard delle Particelle Elementari e sui principi di rivelazione delle particelle .Acquisire una conoscenza approfondita delle moderne tecniche di rivelazione ed analisi dei dati e del quadro fenomenologico attuale nei diversi settori della Fisica delle Particelle Elementari.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Fondamenti di: Quantomeccanica; Fisica Nucleare; Special Relativity; Interazione Radiazione-Materia

<i>Articolazione in moduli</i>	
--------------------------------	--

<i>Attività Formativa</i>	Fluidodinamica Geofisica
<i>SSD</i>	FIS/06
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	979SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	I corso si propone di fornire agli studenti i fondamenti della meccanica dei fluidi applicati alla fisica dell'interno della Terra, degli oceani e dell'atmosfera, e le conoscenze necessarie alla modellazione delle loro interazioni.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza della fisica matematica necessaria allo studio della meccanica del continuo, inclusa l'analisi tensoriale.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fondamenti di Fisica delle Superfici
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	995SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende abilitare gli studenti alla comprensione dei principali fenomeni fisico-chimici che avvengono alla superficie dei solidi e delle proprietà che da essi derivano; intende altresì consentire l'apprendimento dei principi di funzionamento e delle applicazioni delle principali tecniche di indagine per lo studio e la comprensione dei fenomeni di superficie.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Adeguate conoscenze di fisica classica, meccanica quantistica e meccanica statistica. Concetti di base della fisica della materia condensata.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fondamenti di Fisica Medica
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Il corso intende fornire i concetti teorici della fisica applicata alla radioterapia oncologica e alla diagnostica medica e dare una visione complessiva del mestiere del fisico medico clinico. Saranno trattati gli effetti biologici delle radiazioni ionizzanti e i principi della dosimetria e della radioprotezione. Le tecniche di radiologia diagnostica con raggi X e senza radiazioni ionizzanti (ultrasuoni e Risonanza Magnetica Nucleare) saranno presentate, così come i metodi di ottimizzazione fisica nelle applicazioni cliniche.</p> <p>I problemi fisici da affrontare nella predisposizione dei piani di trattamento per la radioterapia oncologica saranno presentati nel contesto del rapido sviluppo della disciplina. Il corso comprende approfondimenti specifici su tecniche innovative in fase di sviluppo.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Concetti di base della Fisica Nucleare
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Formazione ed analisi delle immagini in Fisica
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Alla fine del corso gli studenti saranno in grado di spiegare i processi di formazione dell'immagine per un ampio spettro di metodi, includendo la microscopia con luce visibile, con raggi X e con elettroni, imaging medicale, e vari metodi che usano una sonda in modalità scanning. Gli studenti saranno capaci di descrivere i meccanismi fisici fondamentali coinvolti in questi metodi. Questo corso coprirà anche i concetti più comuni di elaborazione dell'immagine e di volumi 3D ottenuti con metodi tomografici. I concetti saranno consolidati con esercizi pratici su vari dati grezzi acquisiti con queste tecniche.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza generale di ottica, fisica atomica e quantistica

<i>Articolazione in moduli</i>	
--------------------------------	--

<i>Attività Formativa</i>	Fotonica
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	518SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Il corso fornisce le nozioni fondamentali della Fotonica, disciplina che descrive la generazione, la propagazione e la manipolazione dei fotoni che compongono fasci di luce.</p> <p>Verrà trattata l'ottica geometrica ed introdotto il fascio Gaussiano, la descrizione più vicina ad un fascio di luce reale. Ne verranno descritte le proprietà fondamentali e la sua interazione con elementi ottici quali specchi e lenti.</p> <p>Si discuteranno le condizioni di stabilità per la propagazione di un fascio in un sistema ottico, per ottenere una cavità ottica risonante. Questa costituisce il prerequisito per la costruzione di un laser.</p> <p>Verranno descritte le condizioni per ottenere inversione di popolazione in mezzi laser, e lo studio dei criteri di soglia per ottenere amplificazione di radiazione. Verranno descritti i principali tipi di laser.</p> <p>Verranno quindi trattate le proprietà ottiche dei materiali anisotropi, e spiegato come questi si prestino per modulare e polarizzare la luce. Ampio spazio sarà dedicato agli effetti non-lineari dell'interazione radiazione-materia. Dopo aver introdotto le suscettività non-lineari e le simmetrie dei mezzi che le supportano, verranno trattate la generazione di seconda armonica e di frequenza somma, la rettificazione ottica, la generazione di terza armonica, il self-focusing e la generazione di supercontinuo, l'amplificazione parametrica. Tutti questi processi permettono di variare il colore della luce prodotta da sorgenti laser monocromatiche o quasi-monocromatiche.</p> <p>Di volta in volta, verranno discussi gli effetti che si ottengono con impulsi di luce ultrabrevi, e come questi si propagano nella materia.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Elettrodinamica e Ottica;
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Geometria e Topologia in Struttura elettronica
---------------------------	---

<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	759SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende coprire la geometria della meccanica quantistica non relativistica, negli aspetti che riguardano la fisica molecolare e degli stati condensati. L'obiettivo è dare una visione d'insieme di fenomeni apparentemente molto diversi, ma nei quali gli aspetti geometrici e topologici sono dominanti. Argomenti trattati: Effetto Aharonov-Bohm, intersezioni coniche nelle molecole, fasi di Berry, effetto Hall quantizzato, trasporto semiclassico, teorie moderne della polarizzazione e della magnetizzazione orbitale, metrica quantistica e localizzazione elettronica, isolanti topologici.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Meccanica Quantistica di base; fisica atomica, molecolare e di stato solido di base.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Interazione di laser e fasci di particelle accelerati per nuove sorgenti di luce
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h
<i>Obiettivi specifici</i>	Il corso mira a fornire allo studente una preparazione di base sulla fisica degli acceleratori dedicati alle sorgenti di luce e dei principi di funzionamento di un laser ad elettroni liberi nei vari regimi di operazione, ovvero come oscillatore laser, come amplificatore in singolo passaggio e come sorgente operante con seme di ingresso. Il corso comprende quindi un'analisi dei processi di conversione in frequenza che consentono al laser ad elettroni liberi di operare anche come sistema non lineare per la generazione di armoniche.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Elettrodinamica e Ottica.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Introduzione ai Sistemi Quantistici a Molti Corpi
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	458SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende fornire i paradigmi dei sistemi quantistici a molti corpi per applicazioni a problemi della materia condensata. Vengono introdotti sia i concetti teorici fondamentali che emergono dalla forte interazione tra le particelle che i principali metodi, sia analitici che numerici, per la loro trattazione. Partendo dall'introduzione di metodi di teoria dei campi, quali la seconda quantizzazione, particolare enfasi viene data a modelli su reticolo, discutendo le loro proprietà fisiche e la loro rilevanza per la fisica dello stato solido.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Introduzione alla Teoria delle reti neurali
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	139SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Introdurre la teoria dei modelli matematici di reti neurali visti come elementi base della computazione biologica. L'attenzione è centrata sulle capacità dei singoli modelli, lasciando in secondo piano ogni verosimiglianza biologica.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Algebra lineare nello spazio reale a n dimensioni
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Introduzione all'Informazione Quantistica
---------------------------	--

<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	826SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	La teoria quantistica dell'informazione studia le conseguenze dell'uso dei sistemi quantistici, e il conseguente cambio di paradigma dai bits ai qubits, nella manipolazione e trasmissione d'informazione. La prima parte del corso si concentra sulla generalizzazione quantistica dei teoremi di Shannon dell'informazione classica riguardanti la compressione dell'informazione e la capacità dei canali con rumore di trasmetterla. In particolare il corso tratta della entropia e delle sue proprietà come strumento tecnico fondamentale e concetto unificante, con anche un accenno al concetto di complessità algoritmica. La seconda parte del corso è invece introduttiva al machine learning classico e alle problematiche inerenti alla sua quantizzazione.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza della meccanica quantistica non relativistica: spazi di Hilbert, vettori e operatori, equazione di Schroedinger, soluzione di problemi unidimensionali, spin.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Istituzioni di Astrofisica e Cosmologia
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Lo studente acquisirà conoscenze di base di Relatività Generale (geometria non euclidea, tensori, principi ed eq. di Einstein, onde gravitazionali e lensing gravitazionale, buchi neri), dei diversi modelli cosmologici (metrica di Robertson-Walker, legge di Hubble ed orizzonti, equazioni di Friedman) e della fisica dei sistemi autogravitanti (sistemi non collisionali, equazione di Jeans).
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Buona conoscenza della Relatività Speciale
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio Acquisizione e controllo Dati
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	986SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	NIM, CAMAC and VME electronics for nuclear data acquisition, Labview and Root software for data acquisition and analysis. Measurements of Time of Flight and Energy using TDC and ADC. Elettronica modulare per l'acquisizione ed il controllo dei dati, software per l'acquisizione e l'analisi dati, misure di tempi di volo e di carica con TDC ed ADC
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze di base della fisica nucleare e subnucleare. Conoscenze di tecniche di rivelazione e di linguaggio di programmazione di base.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Astrofisica Spaziale
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	968SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	Comprensione di base di una missione spaziale, dei sistemi che la compongono e delle problematiche legate al suo sviluppo. Apprendimento delle tecniche di analisi dei sistemi spaziali. Conoscenza dei più semplici algoritmi numerici per la soluzione dei problemi fisici semplificati.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Nozioni di Matematica di base. Nozioni di Fisica fondamentale, in particolare: cinematica e dinamica dei sistemi. Entrambi i requisiti sono tipicamente acquisiti durante la laurea in fisica (triennale).
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Fisica Computazionale
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	993SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	Il corso intende far conoscere allo studente alcuni algoritmi numerici fondamentali, principalmente nell'ambito di metodi stocastici, e fornire gli strumenti di base per applicarli in codici numerici per risolvere problemi di fisica classica e semplici problemi di fisica quantistica.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Abilità informatiche di base (uso di bash e text editor; conoscenza di un linguaggio di programmazione); nozioni di fisica classica e di meccanica quantistica.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Fisica dei Nanomateriali
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	994SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	Il corso si prefigge l'obiettivo di rendere gli studenti capaci di utilizzare molte delle moderne strumentazioni applicate in condizioni di ultra alto vuoto. Il corso propone inoltre di sviluppare capacità di osservazione e di analisi critica attraverso procedure sperimentali mirate alla determinazione di grandezze fisiche rilevanti nel campo della fisica della materia condensata e delle superfici e di migliorare le competenze per l'analisi dei dati raccolti.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza di argomenti di base della materia condensata, in modo particolare: reticoli e strutture cristalline; reticolo reciproco dei solidi; struttura a bande elettronica dei solidi.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Fisica dello Stato Solido
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	681SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende fornire conoscenze su alcuni metodi sperimentali e su alcuni strumenti attualmente usati nel campo della ricerca fisica dello stato solido. Intende inoltre sviluppare competenze sulla caratterizzazione, configurazione, ottimizzazione e uso di un apparato sperimentale attraverso la pratica di laboratorio, sull' identificazione di possibili fonti di errori, sull'elaborazione dei dati ottenuti e sulla comprensione del loro significato. Un possibile esperimento riguarda la determinazione dei livelli elettronici in pozzi quantici in semiconduttori e della distribuzione statistica degli elettroni in tali livelli mediante la tecnica di fotoluminescenza a varie temperature.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza di semplici tecniche di misura, analisi di dati e di meccanica quantistica, come fornite dal percorso di fisica triennale.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Fisica Medica
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	828SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	Acquisizione delle competenze di base nell'utilizzo di un tubo radiologico e dei comuni sistemi di dosimetria per la radiologia. Competenze nelle tecniche di caratterizzazione dei sistemi radiologici e conoscenza dei principi di base dei controlli di qualità dei sistemi stessi. Introduzione alle moderne apparecchiature di imaging e di radioterapia, con visite ed esercitazioni presso le unità cliniche. Introduzione all'uso delle simulazioni di Monte Carlo in fisica medica
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	E' consigliabile aver frequentato il corso di "Fondamenti di Fisica Medica"
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	9
<i>Codice</i>	819SM
<i>Tipologia Didattica</i>	108 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	La finalità dell'insegnamento è l'apprendimento delle moderne tecniche sperimentali in uso nella fisica nucleare e subnucleare. In particolare lo studente apprende a condurre esperimenti di rivelazione di particelle, dalla fase di progettazione a quelle di realizzazione, acquisizione dati e analisi degli stessi.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Laboratorio Acquisizione e Controllo Dati
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di programmazione avanzata per la Fisica
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6 (3+3)
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A + L)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>L'insegnamento è articolato in due moduli: il primo, indifferentemente indirizzato agli studenti di tutti i curricula, ha come scopo di insegnare tecniche di programmazione scientifica avanzata nel linguaggio C, a partire dall'analisi strutturale del problema e dalla formulazione dell'algoritmo adatto a risolverlo, imparando a gestire progetti complessi (per esempio utilizzando la compilazione tramite Makefile) e acquisendo una competenza di base in alcune tecniche di programmazione parallela come OpenMP ed MPI. Questo insegnamento mira a dare la preparazione necessaria per affrontare e risolvere problemi classici di fisica computazionale.</p> <p>Nel secondo modulo si applicheranno le tecniche di programmazione avanzata imparate durante il primo modulo per sviluppare un codice per la soluzione di un classico problema di astrofisica numerica.</p>

<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Abilità informatiche di base (uso di bash e di text editor)
<i>Articolazione in moduli</i>	Sì

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Tecnologie Astronomiche
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	972SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento ha la finalità di far acquisire allo studente le conoscenze di base sulle principali tecniche di osservazione astronomica nelle varie bande dello spettro elettromagnetico, e in particolare in banda ottica con la possibilità di osservazioni dalla stazione osservativa INAF, e iniziare a sviluppare la capacità di pianificare un programma osservativo. Si prevedono applicazioni di riduzione e analisi di dati astronomici (osservati e/o simulati), eventualmente anche con programmazione in python, con applicazioni particolari alla riduzione e analisi di dati astronomici (osservati e/o simulati).
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Concetti di base di Elettromagnetismo e Statistica. Conoscenze di base di astronomia (es., Astrofisica, I sem.) sono anche decisamente utili.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Liquidi quantistici
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h

<i>Obiettivi specifici</i>	L'obiettivo è di fornire una comprensione avanzata di: Funzioni di correlazione e off-diagonal long-range order; Stati coerenti e coerenza quantistica macroscopica; Superfluidità e superconduttività (temi unificanti e ruolo della coerenza quantistica macroscopica, proprietà fenomenologiche e teoria microscopica); Elio 4 (fenomenologia e modellizzazione); La teoria di Ginzburg-Landau; Il modello a due fluidi; Superconduttività e super-fluidità non-convenzionali (con cenni su Elio3 e superconduttori ad alta temperatura critica)
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Meccanica Quantistica Avanzata
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	9 (6+3)
<i>Codice</i>	999SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Scopo dell'insegnamento è fornire strumenti avanzati per lo studio della meccanica quantistica. L'insegnamento si divide in tre parti: <ul style="list-style-type: none"> - Parte 1: Basi matematiche della teoria della computazione quantistica: il qubit, le operazioni, le misure, le evoluzioni. Saranno presentati gli algoritmi di computazione quantistica di base. - Parte 2: Introduzione ai sistemi quantistici aperti: formalismo della matrice densità, la matrice densità ridotta, l'equazione Lindblad, di Joos-Zeh e di Caldeira-Leggett, il Quantum Brownian Motion. - Parte 3: Meccanica quantistica e relatività: il teorema di Bell, il no-faster-than-light-signaling theorem, il no-cloning theorem, l'algoritmo BB84 di QKD. Meccanica quantistica in sistemi accelerati ed effetto Unruh.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza di base della meccanica quantistica.
<i>Articolazione in moduli</i>	Sì

<i>Attività Formativa</i>	Meccanica Quantistica e Relatività speciale
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	3
<i>Codice</i>	461SM

<i>Tipologia Didattica</i>	24 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento comprende e mutua la terza parte dell'insegnamento di Meccanica Quantistica Avanzata, da cui la mutua. - Parte 3: Meccanica quantistica e relatività: il teorema di Bell, il no-faster-than-light-signaling theorem, il no-cloning theorem, l'algoritmo BB84 di QKD. Meccanica quantistica in sistemi accelerati ed effetto Unruh.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza di base della meccanica quantistica.
<i>Articolazione in moduli</i>	Sì

<i>Attività Formativa</i>	Meccanica statistica
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	750SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Comprensione di concetti basilari sui fondamenti della meccanica statistica e sull'irreversibilità macroscopica; acquisizione di capacità di calcolo di proprietà statistiche di modelli quantistici a molti corpi. La prima parte del corso riguarda l'approfondimento dei fondamenti della meccanica statistica e dell'irreversibilità macroscopica, attraverso lo studio di modelli dinamici e delle condizioni di termalizzazione all'equilibrio. La seconda parte del corso, dopo un'introduzione al formalismo della seconda quantizzazione ed alla rappresentazione di Fock, verte su proprietà statistiche di modelli di molte particelle fermioniche e bosoniche.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Meccanica classica e quantistica, fisica statistica.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Meteorologia e Climatologia dello Spazio
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	754SM

<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento presenta un'introduzione alla Meteorologia e alla Climatologia dello Spazio. Lo studente apprende le nozioni di base relative a: a. fenomenologia; b. modellistica; c. osservazione delle interazioni tra i processi fisici che hanno origine in diversi sistemi astrofisici interni ed esterni al Sistema Solare con gli ambienti planetari e, nel caso della Terra, con i sistemi tecnologici e con gli organismi viventi, rispettivamente: a. su scala temporale breve (Meteorologia); b. su scala temporale lunga (Climatologia).
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Metodi avanzati di Teoria Quantistica dei Campi
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'obiettivo è di fornire una comprensione avanzata delle teorie di gauge non-abeliane, fornendo le seguenti nozioni: gruppi di Lie e rappresentazioni, introduzione alle teorie di gauge non-abeliane, integrale sui cammini per teorie di gauge, quantizzazione di Faddeev-Popov, simmetria BRST e relative identità di Ward, correzioni quantistiche e rinormalizzazione, funzione beta e libertà asintotica, Wilson lines, istantoni, anomalie.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze di base della teoria quantistica dei campi.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Metodi di Potenziale
<i>SSD</i>	GEO/10
<i>CFU</i>	6

<i>Codice</i>	952SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Essere in grado di utilizzare osservazioni dei campi di gravità e magnetico applicando metodi del potenziale, essere in grado di applicare metodi di inversione e modellazione essenziali in tutte le applicazioni geofisiche sia superficiali che profonde.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze di base del campo di gravità e magnetico.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Metodi Numerici per la struttura della materia
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	827SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento fornisce un'introduzione a metodi e tecniche numeriche utili per la determinazione della struttura elettronica in fisica atomica, molecolare e della materia condensata. Lo scopo del corso è eminentemente pratico: si vuole fornire allo studente la capacità di affrontare la simulazione di problemi complessi tramite la soluzione pratica di problemi semplici, scelti fra quelli che meglio introducono alle tecniche moderne di simulazione.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze di base di meccanica quantistica e di struttura della materia
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Metodi quantitativi per la finanza
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	463SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h

<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Il corso mira a fornire un'introduzione ai principali concetti economici e finanziari, individuando gli strumenti utilizzati nell'ambito della finanza quantitativa.</p> <p>Il corso si articola in modo tale da trattare: la struttura dei mercati, la matematica finanziaria di base, la dinamica dei prezzi degli strumenti finanziari sia semplici che derivati, la gestione del rischio e del rendimento di un portafoglio d'investimento.</p> <p>Il corso prevede una componente di approfondimento pratico mediante l'uso di strumenti informatici.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Modello standard delle interazioni fondamentali
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	616SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Cassetta degli attrezzi: ripasso di QFT, sezioni d'urto, spazio delle fasi, Diracologia.</p> <p>Costruzione della lagrangiana: correnti cariche e neutre, campi di gauge, rottura spontanea della simmetria e meccanismo di Higgs, mescolamento dei sapori dei quarks, interazioni forti.</p> <p>La lagrangiana al lavoro: test di precisione, fisica dei sapori, diffusione inelastica e fisica dei collider, violazione di CP, fisica dei neutrini.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Simmetrie e interazioni fondamentali. Teoria dei Campi I
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Nanostrutture
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	590SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)

<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende fornire concetti generali sulle nanostrutture, attraverso l'esame di esempi specifici e lo studio delle tecniche di fabbricazione e caratterizzazione fisica e degli approcci teorici necessari alla comprensione dei fenomeni di interesse.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza della meccanica quantistica, rudimenti di fisica atomica e molecolare e di fisica dei solidi.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Nuove Frontiere delle Meccanica Quantistica
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	775SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento comprende e mutua le due prime parti dell'insegnamento di Meccanica Quantistica Avanzata, da cui le mutua. - Parte 1: Basi matematiche della teoria della computazione quantistica: il qubit, le operazioni, le misure, le evoluzioni. Saranno presentati gli algoritmi di computazione quantistica di base. - Parte 2: Introduzione ai sistemi quantistici aperti: formalismo della matrice densità, la matrice densità ridotta, l'equazione Lindblad, di Joos-Zeh e di Caldeira-Leggett, il Quantum Brownian Motion.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza di base della meccanica quantistica.
<i>Articolazione in moduli</i>	Sì

<i>Attività Formativa</i>	Onde Gravitazionali
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)

<i>Obiettivi specifici</i>	In questo corso vengono forniti gli elementi fondamentali per la comprensione delle osservazioni delle onde gravitazionali. Principali argomenti: meccanismi di emissione delle onde gravitazionali; sorgenti astrofisiche di onde gravitazionali; funzionamento degli strumenti per la rivelazione delle onde gravitazionali; l'analisi dei segnali prodotti dagli interferometri gravitazionali; i risultati dell'astronomia gravitazionale e la loro collocazione in ambito astrofisico.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Adeguate conoscenze di fisica classica, con buona padronanza dell'elettromagnetismo e dell'ottica ondulatoria. Conoscenze di base su serie e trasformate di Fourier.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Pianeti e astrobiologia
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	752SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Lo scopo principale dell'insegnamento è quello di presentare la fisica dei pianeti e dei sistemi planetari e offrire un'introduzione all'astrobiologia, propedeutica alla trattazione dell'abitabilità planetaria e dei bio-marcatori atmosferici. Il sistema solare viene utilizzato come riferimento per lo studio comparativo dei sistemi planetari extrasolari. Viene altresì introdotto lo studio del mezzo interstellare diffuso, con un approfondimento su polvere e molecole interstellari.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Processi radiativi
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)

<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento è finalizzato alla conoscenza approfondita dei processi radiativi responsabili dell'emissione continua ed alle loro applicazioni in ambito astrofisico. Partendo da concetti di base di trasporto radiativo e di elettromagnetismo, si studieranno in particolare l'emissione di radiazione di sincrotrone, di frenamento e di Compton inverso. L'apprendimento di tali processi permetterà allo studente di comprendere in modo dettagliato la fenomenologia dell'emissione e dell'assorbimento di radiazione da parte di una varietà di strutture cosmiche e di oggetti astrofisici. Verranno in particolare trattate le galassie e il trasporto radiativo nel mezzo interstellare polveroso, gli ammassi di galassie, la complessa fenomenologia dei nuclei galattici attivi e il trasporto radiativo nel mezzo intergalattico, a partire dall'epoca della re-ionizzazione.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Programmazione avanzata e tecniche di simulazione per la fisica
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Lo scopo del corso è fornire le conoscenze di base di Python, programmazione ad oggetti e C++ applicati alla fisica, consolidare le conoscenze relative all'analisi dati e apprendere le tecniche base di simulazione Monte Carlo di processi fisici e apparati sperimentali.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza base del PC e linux
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Radioastronomia
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)

<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento ha la finalità di far acquisire allo studente le conoscenze di base sugli strumenti e sulle principali tecniche e metodologie applicate nelle osservazioni astronomiche effettuate in un ampio intervallo di frequenze, che spazia dalle onde radio fino alle microonde e alle onde millimetriche e sub-millimetriche. Il corso è articolato sia su tecniche di osservazioni con telescopi singoli, sia interferometrici. Si prevedono approfondimenti legati ad applicazioni di riduzione ed analisi di dati astronomici (osservati e/o simulati).
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza dei concetti di astrofisica stellare e di astrofisica delle galassie, sia da un punto di vista osservativo che modellistico.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Radioprotezione nel campo ambientale e lavorativo
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	145SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	Si vuole preparare ad un'analisi critica del problema dell'esposizione ai campi ed alla loro misura strumentale. Pertanto vengono forniti i metodi basilari di calcolo e le metodologie di misura. Vengono eseguite numerose verifiche e misure in Laboratorio.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Corsi di base di analisi matematica e di fisica generale
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Relatività Generale I
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	825SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)

<i>Obiettivi specifici</i>	Acquisire una padronanza dei principi fondamentali di teorie covarianti generali e delle tecniche necessarie all'applicazione di questi concetti alla teoria del campo gravitazionale così come è stata sviluppata da Einstein. Trasformazioni di Lorentz, relatività speciale. Concetti fondamentali di geometria differenziale; calcolo ed analisi tensoriale in spazi di Riemann. Equazioni di campo gravitazionale in relatività. Principali applicazioni delle relatività generale.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Analisi multivariata ed algebra lineare; concetti elementari di geometria differenziale; relatività speciale; meccanica analitica e teoria dei campi (non gravitazionale) classica.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Relatività Generale II
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	823SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Comprendere aspetti tecnici avanzati in teorie covarianti generali e applicarli a problemi concreti.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze di base di relatività generale, degli strumenti matematici necessari alla sua formulazione e della loro interpretazione geometrica: in particolare, equazioni di Einstein, loro struttura e loro significato fisico.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Rischio Sismico e Vulcanico
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	815SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)

<i>Obiettivi specifici</i>	Fornire la base di conoscenza dei metodi di analisi della pericolosità sismica e vulcanica: metodi probabilistici e deterministici, vulnerabilità e rischio, terremoti ed eventi di scenario e di progetto.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze acquisite in un corso di sismologia.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Rivelatori a semiconduttore e apparati per la fisica nucleare e subnucleare
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	462SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>L'insegnamento si propone di fornire conoscenze su alcuni specifici sistemi di rivelazione fra i più utilizzati nell'ambito della fisica nucleare e subnucleare. Saranno affrontate problematiche relative al tracciamento, all'identificazione di particelle cariche, a misure calorimetriche. Si tratteranno i criteri di progettazione di moderni sistemi di rivelazione discutendo alcune soluzioni per il controllo, l'acquisizione dati, l'alimentazione dei rivelatori e l'integrazione in apparati sperimentali.</p> <p>In particolare si analizzeranno le caratteristiche strutturali e funzionali e le prestazioni di rivelatori a semiconduttore. Saranno oggetto di trattazione specifica alcuni fra i più recenti sviluppi su rivelatori al silicio e sulle loro applicazioni.</p> <p>Il corso si articolerà in lezioni frontali includendo dimostrazioni pratiche per alcune tipologie di rivelatori.</p> <p>Gli studenti, avendo seguito l'insegnamento, saranno in grado di delineare le caratteristiche di un sistema di rivelazione quantificandone limiti e prestazioni.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Simmetrie e interazioni fondamentali
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	6

<i>Codice</i>	618SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Obiettivi specifici: Questo insegnamento è indirizzato allo studio delle simmetrie continue e discrete nell'ambito delle leggi della fisica classica e quantistica facendo uso delle tecniche della teoria dei gruppi. Lo scopo del corso è di fornire gli strumenti matematici di base per la comprensione teorica delle interazioni fondamentali tra particelle elementari e loro implicazioni fenomenologiche, attraverso l'utilizzo delle proprietà di simmetria dei corrispondenti sistemi fisici.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze di base di meccanica analitica classica, meccanica quantistica non-relativistica, e di relatività speciale.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Simulazioni classiche di sistemi a molti corpi
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	771SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento si propone di fornire concetti e metodi necessari, dagli algoritmi alle tecniche di analisi dei dati, per la simulazione dinamica di sistemi a molti corpi governati dalla meccanica classica. Interesse particolare, ma non esclusivo, viene dato alle simulazioni atomistiche. Lo scopo è di mettere lo studente di condurre autonomamente una simulazione, inclusa la scrittura o la modifica del software necessario.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Fisica Generale e Analisi Matematica, basi di Meccanica Statistica e di teoria degli Stati Condensati
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Stati elettronici non convenzionali in bassa dimensionalità
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6

<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Scopo del corso è di fornire una introduzione alla fenomenologia, ai metodi teorici e numerici per descrivere le proprietà dei sistemi di Hall quantistici e degli isolanti topologici. In particolare, ci si focalizza sui sistemi fermionici, confinati in una o due dimensioni spaziali. Partendo da una introduzione generale dei concetti di base, la prima parte del corso si focalizza sull'effetto Hall intero. Nella seconda parte del corso, verranno trattati gli isolanti topologici per i modelli su reticolo. Infine, si tratteranno i casi in cui l'interazione elettronica gioca un ruolo fondamentale per la stabilizzazione delle fasi esotiche della materia, come per esempio l'effetto Hall frazionario.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Meccanica Quantistica di base; fisica atomica, molecolare e di stato solido di base.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Statistica avanzata per la Fisica
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	988SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Alla fine del corso gli studenti sapranno costruire e manipolare modelli probabilistici. Gli studenti conosceranno inoltre - teoricamente e operativamente - i metodi fondamentali di inferenza statistica, con particolare riferimento ai problemi di analisi dati della Fisica.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza dei metodi matematici della Fisica. Fondamenti di probabilità e statistica.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Teoria dei Campi I
---------------------------	---------------------------

<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	760SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'obiettivo è fornire gli elementi fondamentali per la comprensione e l'utilizzo della teoria quantistica dei campi. Il percorso seguito comprenderà: - Problema della trattazione dei sistemi a molti corpi in fisica quantistica - Quantizzazione della funzione d'onda di di Schroedinger, creatori e distruttori - Quantizzazione del campo di Dirac - Quantizzazione del campo elettromagnetico e i fotoni - Interazioni: rappresentazione di interazione, sviluppo perturbativo, diagrammi di Feynman - Esempi
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza di Meccanica Quantistica (laurea triennale).
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Teoria dei Campi II
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	751SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Propedeuticità</i>	Teoria dei Campi I
<i>Obiettivi specifici</i>	L'obiettivo è di fornire una comprensione avanzata della teoria quantistica dei campi, familiarizzandosi sui seguenti temi: matrice S e connessione con funzioni di Green (formula di riduzione di LSZ), rappresentazione spettrale, integrale sui cammini per campi scalari e funzionali generatori, regole di Feynman dall'integrale sui cammini, richiami sul gruppo di Lorentz e sugli spinori, integrali sui cammini per campi vettoriali e fermionici, QED, identità di Ward-Takahashi, regolarizzazione di divergenze ultraviolette e rinormalizzazione, rinormalizzazione della QED, gruppo di rinormalizzazione e funzione beta, equazione di Callan-Symanzik.
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Transizioni di Fase e Fenomeni Critici
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	374SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Conoscenza degli aspetti più importanti della fenomenologia dei fenomeni critici e della loro descrizione teorica termodinamico-statistica. Capacità di utilizzare, a livello di base, teorie rilevanti alla descrizione di transizioni di fase e fenomeni critici.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Corsi della laurea triennale in Fisica
<i>Articolazione in moduli</i>	

Approvato nel CdLMI del 02-02-2022