

ALLEGATO B2 al Regolamento - a.a. 2023/2024

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>	Abilità Informatiche e telematiche
<i>SSD</i>	
<i>CFU</i>	3
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	36 h (L)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>L'attività formativa presenterà alcuni strumenti informatici di utilità generale in fisica. Si affronteranno in particolare: l'utilizzo efficiente del terminale e del linguaggio bash per script, elementi di programmazione in Python, principali librerie scientifiche in Python, utilizzo di git per il controllo di revisione.</p> <p>I crediti si considereranno acquisiti (con idoneità, senza voto) previa consegna (in forma di repository git) di un esercizio concordato, svolto in parte in aula con il docente e in parte da soli.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Algoritmi di Calcolo Quantistico
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Lo scopo dell'insegnamento è di introdurre algoritmi avanzati di computazione quantistica. Conoscenze di base di computazione quantistica sono preferibili. L'insegnamento si compone di tre parti. Parte 1: algoritmi di base della computazione quantistica, inclusi la</p>

	<p>quatum Fourier transform e gli algoritmi di ottimizzazione quantistica;</p> <p>Parte 2: studio di algoritmi quantistici avanzati basati sui quantum circuits e discussione delle loro applicazioni sulle moderne piattaforme di quantum computing;</p> <p>Parte 3. discussione di quatum correcting codes per mitigare gli effetti degli errori dovuti alla presenza di noise ed imperfezioni.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza di base della computazione quantistica
<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>	<p>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.</p> <p>Parte 1: descrizione di alcuni algoritmi di computazione quantistica, come ad esempio l'algoritmo di Shor o gli algoritmi di ottimizzazione quantistica;</p> <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>	Astrofisica degli Oggetti Compatti
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	XXX
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Il corso coprirà le basi della fisica e dell'astrofisica delle sorgenti di onde gravitazionali, e in particolare: 1) la propagazione delle onde gravitazionali in spazi piatti e curvi; 2) la generazione di onde gravitazionali da sistemi binari; 3) modi quasinormali dei buchi neri; 4) il tensore di energia-impulso delle onde gravitazionali; 5) teoria delle misure in relatività generale (coordinate di Riemann e di Fermi-Walker); 6) la rilevazione delle onde gravitazionali: risposta del detector, funzioni di pattern, funzioni di trasferimento, analisi dati; 7) l'astrofisica delle sorgenti di onde gravitazionali (buchi neri e stelle di neutroni); 8) la Laser Interferometer Space Antenna (LISA) e Pulsar Timing Arrays.
<i>Propedeuticità</i>	Relatività Generale I

<i>Prerequisiti</i>	
<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>	L'insegnamento è finalizzato alla conoscenza approfondita dei meccanismi fisici su cui si basano la struttura e l'evoluzione delle stelle. Lo studente acquisirà conoscenze sui principi di nucleosintesi stellare e sulle teorie sui progenitori delle supernovae di diverso tipo. Acquisirà inoltre conoscenze sui 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 spettro-fotometrica delle galassie; calcolo dell'evoluzione della luminosità bolometrica e delle luminosità monocromatiche per popolazioni stellari semplici e composte e confronti con le osservazioni.
<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 meccano-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>	Complementi di Teoria dei Campi
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	3
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	24 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Obiettivo principale del corso è lo studio delle implicazioni fenomenologiche della teoria quantistica dei campi nell'ambito dell'elettrodinamica e delle altre interazioni fondamentali. Gli argomenti del corso includono: introduzione alla teoria dei diagrammi di Feynman, sezioni d'urto dei principali processi di diffusione (scattering) in elettrodinamica quantistica, momento magnetico anomalo dell'elettrone ($g-2$), polarizzazione del vuoto e suo contributo ai livelli energetici dell'atomo di idrogeno, decadimenti di particelle instabili.
<i>Propedeuticità</i>	Teoria dei Campi I
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze di base della teoria dei campi quantistica relativistica, meccanica quantistica, elettromagnetismo.
<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>	Lo scopo di questo insegnamento è di introdurre lo studente allo studio dell'universo come un sistema fisico. Partendo dalla relatività generale, le equazioni di Einstein verranno risolte in condizioni di simmetria sferica, ottenendo così le soluzioni di Schwarzschild, che descrivono i buchi neri, e quelle di Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker, che descrivono l'evoluzione dell'universo. Verranno illustrate le principali soluzioni delle equazioni di Friedmann, la definizione delle distanze, il ruolo della costante cosmologica, il problema degli orizzonti. Infine si traccerà la storia termica dell'universo, a partire dall'era di Planck, passando dall'inflazione cosmica per arrivare poi alla nucleosintesi del Big Bang e alla ricombinazione.
<i>Propedeuticità</i>	Relatività Generale I

<i>Prerequisiti</i>	Buona conoscenza di relatività speciale, relatività generale, termodinamica, statistiche quantistiche.
<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>	Relatività Generale 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>	Cosmologia Osservativa
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	XXX
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)

<i>Obiettivi specifici</i>	Lo scopo di questo corso e' fornire una conoscenza di base della cosmologia osservativa moderna. La prima parte verterà sulle proprietà osservative, a diverse lunghezze d'onda, delle diverse sonde cosmologiche per lo studio della formazioni di strutture e la misura dei parametri cosmologici. In particolare verranno trattate in dettaglio le caratteristiche osservative dei nuclei galattici attivi, delle galassie, degli ammassi di galassie, del mezzo intergalattico e del fondo cosmico delle microonde. Nella seconda parte del corso verranno discussi i risultati e le problematiche legati alle più recenti campagne osservative cosmologiche, con particolare riferimento a quelle che vedono un forte coinvolgimento dell'area scientifica triestina come la Dark Energy Survey, la Legacy Survey of Space and Time, Euclid, la Planck survey, le survey provenienti dal South Pole Telescope, ed il Square Kilometer Array. Nell'ultima parte del corso verranno infine introdotti, tramite esempi pratici ed esercitazioni al computer, i principali algoritmi e le metodologie di statistica inferenziale utilizzati per vincolare i parametri cosmologici da dati osservativi.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Dinamica del clima
<i>SSD</i>	FIS/06
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Titolo esteso: Climate dynamics: natural variability and climate change</p> <p>Il corso ha l'obiettivo di introdurre gli studenti alle nozioni fondamentali sul funzionamento del clima come sistema dinamico e complesso, sviluppando le teorie e discutendo i principali meccanismi fisici che descrivono la dinamica oceanica e atmosferica. Inoltre si descriveranno i processi che determinano la variabilità climatica alle diverse scale e distinguendo tra variabilità interna e cambiamenti forzati da fattori antropogenici.</p> <p>Si intende inoltre fornire agli studenti una panoramica degli strumenti modellistici oggi in uso per comprendere e descrivere il clima e la sua complessità, e come si formulano proiezioni climatiche future.</p>
<i>Propedeuticità</i>	

<i>Prerequisiti</i>	Fondamenti di Fisica dell'Atmosfera e di Fluidodinamica Geofisica
<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>	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>	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. 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

	<p>semiconduzione, la struttura e le caratteristiche di diodi e transistor; 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 delle Particelle e Cosmologia
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'obiettivo di questo corso è di introdurre gli studenti allo studio dei primi istanti di vita dell'Universo, e alla profonda relazione con la fisica delle particelle. Verranno trattati temi di ricerca attuale, in cui la fisica oltre il modello standard governa l'evoluzione cosmologica. Gli argomenti del corso includono un' introduzione all'universo primordiale, l'inflazione, la materia oscura, le transizioni di fase nell'universo primordiale, la bariogenesi, e le onde gravitazionali di origine cosmologica.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Verranno usate (e se necessario brevemente integrate) alcune conoscenze di base di termodinamica, teoria dei campi, fisica delle particelle, e relatività generale.
<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>	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.
<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. Verranno descritte le condizioni per ottenere inversione di popolazione in mezzi laser, e lo studio dei criteri di soglia per ottenere amplificazione</p>

	<p>di radiazione. Verranno descritti i principali tipi di laser. 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>	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 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 sia nell'ambito di metodi deterministici che stocastici e fornire gli strumenti di base per applicarli in codici numerici per risolvere semplici problemi di fisica classica e meccanica quantistica. L'obiettivo principale dell'insegnamento è far acquisire la capacità di utilizzo e controllo di algoritmi indipendentemente dal linguaggio di programmazione utilizzato, mentre un obiettivo secondario è esporre lo studente sia ad un linguaggio compilato quale il Fortran90 che ad un linguaggio interpretato quale il Python tramite esempi di applicazione degli algoritmi e confronti.F
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Abilità informatiche di base (uso di bash e text editor; conoscenza di base 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/03
<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 di 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 della Materia Condensata
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<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 della materia condensata e nell'indagine spettroscopica della materia. 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 Astrofisica
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A + L)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento è articolato in due parti. La prima 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. Nella seconda parte 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.

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

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Simulazioni Atomistiche e Molecolari
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	Il corso presenterà un approccio computazionale allo studio di fenomeni fisici emergenti nella materia condensata dura e soffice. Verrà approfondita in particolare la simulazione delle proprietà fisiche di sistemi a molti corpi all'equilibrio, sia sulla base di modelli semplici che su una descrizione da principi primi delle interazioni intermolecolari, anche su scala mesoscopica (sistemi colloidali e polimerici). Verranno quindi studiate le transizioni di fase in tali sistemi, implementando metodi Monte Carlo per il campionamento efficiente dello spazio delle configurazioni. Si illustrerà inoltre l'utilizzo di metodi di machine learning nell'ambito della fisica della materia condensata.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Strumenti informatici (utilizzo di bash, elementi di Python, conoscenza di un linguaggio di programmazione compilato), fisica statistica.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<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; Superconduttività e super-fluidità non-convenzionali (con cenni su Elio3 e superconduttori ad alta temperatura critica); superconducting quantum bits e loro applicazione per il quantum computing.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Meccanica Quantistica Avanzata
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	999SM

<i>Tipologia Didattica</i>	48 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 due 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.
<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>	Scopo dell'insegnamento è fornire strumenti avanzati per lo studio della meccanica quantistica in Ireaazione alla Relatività Speciale. Argomenti del corso includono: il teorema di Bell, il no-faster-than-light-signaling theorem, il no-cloning theorem, l'algoritmo BB84 di QKD.
<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 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 elettronica
<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>	Il corso fornisce un'introduzione ai metodi e alle tecniche numeriche usate per determinare la struttura elettronica in sistemi di materia condensata (molecole e solidi). Lo scopo del corso è eminentemente pratico: si vuole fornire allo studente la capacità di affrontare la simulazione di problemi complessi, anche usando tecniche moderne di simulazione basate sulla teoria della funzionale densità, tramite la soluzione pratica di problemi semplici.
<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>	Metrologia e Sensori Quantistici
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>L'obiettivo è l'introduzione alla teoria dei sensori quantistici e, tramite alcune applicazioni, lo studio delle correlazioni e dei fenomeni fisici che permettono una maggiore precisione dei sensori quantistici. Gli argomenti del corso includono: teoria della stima classica e quantistica, interferometria, precessione di spin e misure di campi magnetici, termometria.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze di base della teoria di meccanica quantistica e di fisica statistica.
<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>	Cassetta degli attrezzi: ripasso di QFT, sezioni d'urto, spazio delle fasi, Diracologia. 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. La lagrangiana al lavoro: test di precisione, fisica dei sapori, diffusione inelastica e fisica dei collider, violazione di CP, fisica dei neutrini.
<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>	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>	Ottica Avanzata
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Acquisire una conoscenza teorica e operativa dell'ottica classica, geometrica ed ondulatoria, con particolare riguardo a concetti avanzati quali interferometria, polarimetria, ottica di Fourier. Apprendere le applicazioni correnti delle tecniche ottiche, inclusi elementi di optomeccanica, a problematiche sperimentali di frontiera specialmente nel campo delle misure di precisione. Gli obiettivi saranno raggiunti sviluppando i seguenti argomenti: equazioni d'onda e propagazione delle onde elettromagnetiche nel vuoto e nei mezzi, ottica geometrica e dispositivi ottici, interferenza, diffrazione e interferometria, polarizzazione della luce, polarimetria e sue applicazioni, ottica di Fourier, olografia e interferometria olografica, cenni di optomeccanica, esempi di applicazione di tecniche ottiche alla fisica di precisione con particolare riguardo alla fisica delle particelle.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Familiarità con i seguenti strumenti matematici: analisi vettoriale, numeri complessi, serie e integrali di Fourier. Conoscenza dei concetti fondamentali sulle caratteristiche e la propagazione delle onde elettromagnetiche.
<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 del corso 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. Inoltre viene fornita una panoramica delle missioni spaziali dedicate allo studio del sistema solare e all'osservazione di esopianeti. 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 e dell'assorbimento sia da un continuo che associato a righe in ambito astrofisico. Partendo da concetti di base di trasporto radiativo e di elettromagnetismo, si studierà l'emissione da cariche accelerate, sia non relativistiche che relativistiche. Si tratterà 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. Si studieranno inoltre le atmosfere stellari, introducendo le assunzioni di questo regime (piani paralleli, LTE), i suoi parametri specifici (temperatura, gravità superficiale e composizione chimica) e le informazioni che si ricavano dalla comparazione fra modelli teorici e spettri osservati.
<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>	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>	Strumenti informatici per la Fisica
<i>SSD</i>	
<i>CFU</i>	3
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	36 h (L)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>L'attività formativa verrà svolta in forma di tutorial e presenterà alcuni strumenti informatici di utilità generale in fisica. Si affronteranno in particolare: l'utilizzo efficiente del terminale e del linguaggio bash, elementi di programmazione in Python e suo interfacciamento con linguaggi di programmazione compilati, l'utilizzo di git per il controllo di revisione e lo sviluppo collaborativo di codici e di documenti scientifici, metodi per un approccio riproducibile alla ricerca in ambito computazionale.</p> <p>I crediti si considereranno acquisiti (con idoneità, senza voto) dimostrando l'utilizzo di almeno uno degli strumenti presentati, ad esempio nel contesto del progetto finale del Laboratorio di fisica computazionale o del Laboratorio di fisica sperimentale della materia o di un altro progetto definito in accordo con il docente.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<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>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>Propedeuticità</i>	Teoria dei Campi I
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

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

<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>	Teoria dei Campi II
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenze di base della teoria quantistica dei campi.
<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 24-11-2022