

ALLEGATO 1

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO FISICA (PHYSICS)

CLASSE LM-17

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Fisica "Ettore Pancini"

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024 - 2025

PIANO DEGLI STUDI

LEGENDA

Tipologia di Attività Formativa (TAF):

B = Caratterizzanti

C = Affini o integrativi

D = Attività a scelta

E = Prova finale e conoscenze linguistiche

F = Ulteriori attività formative

CURRICULUM ASTROFISICA

Il Curriculum "Astrofisica", in aggiunta agli obiettivi generali del Corso di Laurea Magistrale in Fisica, ha l'obiettivo specifico di far acquisire al laureato magistrale una conoscenza approfondita di almeno un'area disciplinare dell'astrofisica quale, ad esempio, la cosmologia e l'astronomia extragalattica, oppure le tecniche sperimentali dell'astrofisica moderna, nonché la capacità di applicare tale conoscenza specifica in ambiti lavorativi connessi con la ricerca astrofisica oppure, in ambito industriale, allo sviluppo di tecnologie software e hardware avanzate.

I Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Astrofisica	FIS/05	unico	9	72	Lezione frontale	B	Astrofisico, geofisico e spaziale	Obbligatorio
Cosmologia	FIS/05	unico	6	48	Lezione frontale	B	Astrofisico, geofisico e spaziale	Obbligatorio
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Fisica delle Galassie	FIS/05	unico	6	48	Lezione frontale	B	Astrofisico, geofisico e spaziale	Obbligatorio
Fisica Quantistica	FIS/02	unico	6	48	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio

Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5 lett d) –	-		4	-	-	F	Ulteriori conoscenze linguistiche	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5 lett d)	-		2	-	-		-	Obbligatorio
II Anno								
Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Astrofisica delle alte energie	FIS/05	unico	6	48	Lezione Frontale	B	Astrofisico, geofisico e spaziale	Obbligatorio
Astroinformatica	FIS/05	unico	12	48	Lezione Frontale	C	-	Obbligatorio (due a scelta)
Astrofisica Multimessaggera	FIS/05	unico						
Complementi di Cosmologia	FIS/05	unico						
Evoluzione Stellare	FIS/05	unico						
Fisica delle atmosfere stellari	FIS/05	unico						
Laboratorio di Astrofisica Planetologia Storia dell'Astronomia	FIS/05 FIS/05 FIS/05	unico unico unico						
Insegnamenti a scelta autonoma	-	unico	12	96	Lezione frontale	D	-	Obbligatorio
Prova finale	-	unico	39	-	-	E	-	Obbligatorio

Elenco delle propedeuticità

L'insegnamento di Astrofisica è propedeutico a: Astrofisica delle Alte Energie, Astrofisica Multimessaggera, Cosmologia, Complementi di Cosmologia, Evoluzione Stellare, Fisica delle Galassie, Laboratorio di Astrofisica, Planetologia.

L'insegnamento di Cosmologia è propedeutico a: Complementi di Cosmologia.

CURRICULUM DIDATTICA E STORIA DELLA FISICA

Il curriculum DIDATTICA E STORIA DELLA FISICA si propone di formare una figura professionale con competenze nelle metodologie di ricerca in didattica e storia della fisica e nelle tecnologie didattiche per la fisica. Il laureato magistrale sarà in grado di progettare, erogare e validare percorsi didattici basati sui riferimenti teorici e sperimentali della ricerca in didattica e storia della fisica. Sarà inoltre esperto del problema della valutazione e sarà in grado di progettare e utilizzare strumenti di indagine, anche ricorrendo alle più moderne tecniche di analisi statistica (es. educational data mining). Le competenze maturate permetteranno al laureato di gestire gli ambienti software e hardware di interesse per la didattica. Sarà in grado di spendere le competenze maturate in vari ambiti, dall'insegnamento (scuola e università), alla ricerca (didattica, storica, socio-scientifica, sistemi complessi, ecc.), alla progettazione di strumenti innovativi per la divulgazione e la didattica (software, hardware), alla comunicazione scientifica.

I Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Didattica della Fisica	FIS/08	unico	9	72	Lezione frontale e Laboratorio	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Fisica Quantistica	FIS/02	unico	6	48	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Progettazione didattica per la Fisica	FIS/08	unico	6	48	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio (uno a scelta)
Preparazione esperienze didattiche (mutuato dalla LM in Matematica)								
Storia della Fisica Classica	FIS/08	unico	6	48	Lezione frontale	C	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio (uno a scelta)
Storia della Fisica Moderna								
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5 lett d)	-		4	-	-	F	Ulteriori conoscenze linguistiche	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5 lett d)	-		2	-	-		-	Obbligatorio

II Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Didattica della Fisica Moderna	FIS/08	unico	6	48	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Metodi per la ricerca in Didattica della Fisica	FIS/08	unico	6	48	Lezione frontale	C	-	Obbligatorio (uno a scelta)

Tecnologie didattiche per la Fisica								
Didattica della Matematica <i>(mutuato dalla LM in Matematica)</i>	MAT/04	unico	6	48	Lezione frontale	C	-	Obbligatorio (uno a scelta)
Didattica delle discipline STEM	FIS/08							
Fisica e filosofia	FIS/08							
Storia dell'Astronomia	FIS/05							
Insegnamenti a scelta autonoma	-	unico	12	96	Lezione frontale	D	-	Obbligatorio
Prova finale	-	unico	39	-	-	E	-	Obbligatorio

Elenco delle propedeuticità

L'insegnamento di Didattica della Fisica è propedeutico a: Didattica della Fisica Moderna.

CURRICULUM ELETTRONICA

Il Curriculum “Elettronica” del corso di Laurea Magistrale in Fisica si propone di formare una figura professionale in grado di contribuire allo sviluppo scientifico e tecnologico di apparati sperimentali per misure fisiche nella ricerca e nell’industria, attraverso la progettazione di strumenti elettronici di acquisizione dati, elaborazione e controllo.

Il laureato magistrale in Fisica, Curriculum Elettronica, sarà in grado di ideare, simulare e realizzare architetture originali di sistemi elettronici per applicazioni fisiche, impiegando le tecniche di progetto e analisi più innovative. Avrà l’opportunità di studiare, utilizzare e applicare le più moderne tecnologie dei dispositivi elettronici analogici e digitali, con particolare riferimento ai componenti riconfigurabili e programmabili, quali Field Programmable Gate Array (FPGA) e microprocessori.

Il Curriculum prevede inoltre percorsi formativi che permettono l’approfondimento dell’elaborazione digitale dei segnali, della sensoristica e dell’acquisizione dati, dell’Elettronica digitale integrata e dell’Elettronica analogica.

Il Curriculum proposto prevede attività di laboratorio, dedicate, oltre che alla conoscenza di metodiche sperimentali ed alla misura e all’elaborazione dei dati, in particolare alla progettazione ed alla realizzazione di sistemi elettronici di misura ed acquisizione dati, anche basati su FPGA e microprocessori.

I Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Elettronica Digitale	FIS/01	unico	6	48	Lezione frontale	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Fisica dello Stato Solido I	FIS/03	unico	6	48	Lezione frontale	C	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Fondamenti di Elettronica	FIS/01	unico	6	48	Lezione frontale	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Meccanica Quantistica	FIS/02	unico	9	72	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-		4	-	-	F	Ulteriori conoscenze linguistiche	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-		2	-	-			

II Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Architettura dei Sistemi Integrati (mutuato dalla LM in Ingegneria Elettronica)	ING-INF/01	unico	9	72	Lezione Frontale	C	-	Obbligatorio
Laboratorio di Sistemi Digitali	FIS/01	unico	9	72	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Insegnamenti a scelta autonoma	-	unico	12	96	Lezione frontale	D	-	Obbligatorio
Prova finale	-	unico	39	-	-	E	-	Obbligatorio

Elenco delle propedeuticità

Nessuna.

CURRICULUM FISICA BIOMEDICA

I laureati del Corso di Laurea Magistrale in Fisica, curriculum “Fisica Biomedica”, devono

- acquisire conoscenze delle metodologie fisiche (teoriche e sperimentali) necessarie alla descrizione e alla comprensione della materia vivente nel contesto biologico e medico;
- acquisire un’approfondita conoscenza sullo sviluppo e l’utilizzo della strumentazione necessaria al controllo e alla rivelazione di fenomeni fisici nell’ambito della prevenzione, diagnosi e cura;
- essere in grado di utilizzare le conoscenze specifiche acquisite nel campo della modellistica, della biofisica delle radiazioni, delle tecniche fisiche relative alla diagnostica biomedica, dell’analisi delle immagini biomediche nonché nel campo della misura delle radiazioni ionizzanti in ambito fisico sanitario ed ambientale.
- Nel campo della formazione post-lauream, i laureati magistrali potranno accedere ai Dottorati di ricerca e alle Scuole di Specializzazione in Fisica Medica; in quest’ultimo caso, parte dei CFU acquisiti potrà essere utilizzata, previo riconoscimento del Collegio dei docenti della Scuola.

Ai fini indicati, il curriculum Fisica Biomedica:

- comprende attività finalizzate ad acquisire conoscenze ed abilità specialistiche di imaging, biofisica e fisica medica;
- prevede attività di laboratorio, dedicate alla conoscenza di metodiche sperimentali, alla misura ed elaborazione dei dati e, in particolare, all’uso di strumentazione moderna di interesse biomedico.

I Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Basi Fisiche della Risonanza Magnetica	FIS/07 ING-INF/02	unico	6	52	Lezione frontale e Laboratorio	C	-	Obbligatorio (Uno a scelta)
Basi Fisiche della Radioterapia	FIS/07							
Biofisica delle Radiazioni	FIS/07	unico	6	52	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Fisica Medica	FIS/07	unico	6	48	Lezione frontale	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Meccanica Quantistica	FIS/02	unico	9	72	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-		4	-	-	F	Ulteriori conoscenze linguistiche	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-		2		-			

II Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Laboratorio di Fisica Medica	FIS/07	unico	6	64	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Dosimetria delle Radiazioni	FIS/07	unico	6	52	Lezione Frontale e Laboratorio	C	-	Obbligatorio (Uno a scelta)
Metodologie per l’analisi delle Immagini								

Radioattività Ambientale								
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5, lettera d)	-	unico	6	150	Tirocinio formativo e di orientamento	F	-	Obbligatorio
Insegnamenti a scelta autonoma	-	unico	12	96	Lezione frontale	D	-	Obbligatorio
Prova finale	-	unico	39	-	-	E	-	Obbligatorio

Elenco delle propedeuticità

Nessuna.

CURRICULUM FISICA DELLA MATERIA

Il Curriculum “Fisica della Materia”, in aggiunta agli obiettivi generali del Corso di Laurea Magistrale in Fisica, ha l’obiettivo specifico di far acquisire al laureato magistrale una conoscenza approfondita di almeno un’area disciplinare della fisica della materia, quale ad esempio la fisica dello stato solido, inclusi i semiconduttori e i sistemi nano-strutturati, i superconduttori e altri materiali fortemente correlati, la fisica della materia condensata soffice, inclusi polimeri, cristalli liquidi e sistemi biologici, la fisica atomica e molecolare, nonché l’ottica moderna e la fotonica, e la capacità di applicare tale conoscenza specifica in ambiti lavorativi connessi con lo sviluppo e l’applicazione di tecnologie avanzate, ad esempio nei settori industriali dei semiconduttori, della tecnologia dell’informazione e della comunicazione, dell’opto-elettronica, dei nuovi materiali, e delle tecniche diagnostiche avanzate, operando con elevato livello di autonomia, e affrontando e risolvendo problemi con caratteristiche non standard.

I Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Fisica dello Stato Solido I	FIS/03	unico	6	48	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Meccanica Quantistica	FIS/02	unico	9	72	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Meccanica Statistica I	FIS/02	unico	6	48	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Insegnamenti a scelta autonoma	-	unico	6	48	-	D	-	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-	-	4	-	-	F	Ulteriori conoscenze linguistiche	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-	-	2	-	-			Obbligatorio

II Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Laboratorio di Ottica Moderna	FIS/03	unico	6	56	Lezione frontale e Laboratorio	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio (uno a scelta)
Meccanica Quantistica dei Molti Corpi	FIS/03			48	Lezione frontale			
Metodi Sperimentali per Nanotecnologia e Materia Condensata	FIS/03			56	Lezione frontale e Laboratorio			
Biofotonica	FIS/03	unico	18	48	Lezione frontale	C	-	Obbligatorio (tre a scelta)
Fasi quantistiche della Materia	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			
Fisica dei Plasmi	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			
Fisica della Materia Soffice	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			

Fisica dello Stato Solido II	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			
Fondamenti di Nanomagnetismo ed Applicazioni	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			
Fotonica	FIS/03	unico		48	Lezione frontale e Laboratorio			
Modellazione Computazionale dei Materiali	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			
Ottica ed Informazione Quantistica	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			
Ottica Moderna	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			
Sistemi Aperti Quantistici	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			
Spettroscopia Ottica	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			
Tecnologie Quantistiche Superconduttive	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			
Termodinamica Computazionale	FIS/03	unico		48	Lezione frontale			
Insegnamento a scelta autonoma	-	unico	6	48	Lezione frontale	D	-	Obbligatorio
Prova finale	-	unico	39	-	-	E	-	Obbligatorio

Elenco delle propedeuticità

L'insegnamento di Fisica dello Stato Solido I è propedeutico a: Fisica dello Stato Solido II; Modellazione computazionale dei materiali.

L'insegnamento di Meccanica Quantistica è propedeutico a: Sistemi Aperti Quantistici.

CURRICULUM FISICA NUCLEARE

Il curriculum "Fisica Nucleare" del corso di Laurea Magistrale in Fisica ha come obiettivi formativi:

- il conseguimento di una approfondita conoscenza dei più moderni sviluppi della Fisica Nucleare nei suoi vari aspetti (teorico, sperimentale ed applicativo) e delle tematiche interdisciplinari ad essa connesse. Questo livello di conoscenza permetterà ai laureati specialisti di inserirsi sia in attività di ricerca fondamentale ed applicata, sia nel mondo produttivo;
- il conseguimento di approfondite conoscenze in campo informatico, con particolare riguardo agli aspetti computazionali e di analisi dei dati, comuni anche ad altri campi della ricerca scientifica, per un proficuo inserimento anche in attività non di carattere nucleare;
- il conseguimento di approfondite conoscenze di metodologie sperimentali, con sviluppo ed impiego di strumentazione ed apparati di misura avanzati, che consentano al laureato magistrale di dare un contributo innovativo e gestionale sia nella ricerca fondamentale ed applicata, sia in attività produttive e di pubblica utilità, quali, ad esempio, produzione e studio delle proprietà di nuovi materiali, prevenzione e controllo dei rischi ambientali, analisi nel campo dei beni culturali, radioprotezione.

I Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Fisica Nucleare	FIS/04	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica Nucleare	FIS/01	unico	9	72	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Meccanica Quantistica	FIS/02	unico	9	72	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-	-	4	-	-	F	Ulteriori conoscenze linguistiche	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-	-	2	-	-	F	-	-

II Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Reazioni Nucleari	FIS/04	unico	6	48	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Astrofisica Nucleare	FIS/01, FIS/04	unico	12	48	Lezione Frontale	C	-	Obbligatorio (due a scelta)
Fisica dei Nuclei Esotici	FIS/04	unico		48				
Fisica Nucleare per i Beni Culturali e Ambientali	FIS/01, FIS/04	unico		48				
Meccanica statistica I	FIS/02	unico		48				

Metodi di Apprendimento Automatico per la Fisica	INF/01	unico		48				
Misure Nucleari	FIS/01, FIS/04	unico		48				
Teoria della Struttura Nucleare	FIS/04	unico		48				
Insegnamenti a scelta autonoma	-	unico	12	96	Lezione frontale	D	-	Obbligatorio
Prova finale	-	unico	39	-	-	E	-	Obbligatorio

Elenco delle propedeuticità

L'insegnamento di Fisica Nucleare è propedeutico a: Fisica dei Nuclei Esotici; Teoria della Struttura Nucleare.

L'insegnamento di Reazioni Nucleari è propedeutico a: Fisica dei Nuclei Esotici.

CURRICULUM FISICA SUBNUCLEARE E ASTROPARTICELLARE

Il curriculum "Subnucleare e Astroparticellare" del corso di Laurea Magistrale in Fisica ha come obiettivi formativi:

- il conseguimento di una approfondita conoscenza delle più moderne tematiche sperimentali applicate alla Fisica subnucleare e astroparticellare e delle tematiche interdisciplinari ad esse connesse. Questa preparazione permetterà ai laureati di inserirsi proficuamente sia in attività di ricerca fondamentale che applicata;
- il conseguimento di approfondite conoscenze di metodologie sperimentali, con progetto, sviluppo ed impiego di strumentazioni ed apparati di misura avanzati, che consentiranno al laureato di potersi inserire in modo significativo nell'ambito di attività sia di ricerca fondamentale ed applicata che di tipo produttivo o di pubblica utilità;
- il conseguimento di approfondite conoscenze in campo informatico, con particolare riguardo agli aspetti di analisi dei dati, al controllo e monitoraggio di sistemi complessi di strumentazione, alla gestione di sistemi informatici avanzati e reti, che permetterà un proficuo inserimento in un vasto campo di attività anche non specificatamente di ricerca;
- il conseguimento di una metodologia di lavoro fondata sulla preparazione di base, la flessibilità, l'iniziativa e la collaborazione nell'ambiente lavorativo, che consentirà al laureato di inserirsi costruttivamente in un ampio spettro di attività collegate sia alla ricerca fondamentale e applicata che ai settori produttivi.

I Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Fisica Astroparticellare	FIS/01, FIS/04	unico	6	48	Lezione frontale	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Fisica delle Particelle Elementari	FIS/01	unico	9	72	Lezione frontale	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica delle Particelle	FIS/01	unico	9	96	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Meccanica Quantistica	FIS/02	unico	9	72	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-		4	-	-	F	Ulteriori conoscenze linguistiche	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-		2	-	-	F	-	-

II Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Analisi Dati in Fisica Subnucleare	FIS/01	unico	12	48	Lezione frontale	C	-	Obbligatorio (due a scelta)
Astrofisica Nucleare	FIS/01	unico		48				
Elettronica Digitale	FIS/01	unico		48				
Fisica del Flavor	FIS/01	unico		48				
Fisica dell'Universo Oscuro	FIS/01, FIS/04	unico		48				

Fisica della Radiazione Cosmica	FIS/01, FIS/04	unico		48				
Fisica Sperimentale del Modello Standard	FIS/01	unico		48				
Fisica Sperimentale della Gravitazione	FIS/01	unico		48				
Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali	FIS/02	unico		48				
Fondamenti di Elettronica	FIS/01	unico		48				
Meccanica Statistica I	FIS/02	unico		48				
Metodi di Apprendimento Automatico per la Fisica	INF/01	unico		48				
QCD perturbativa	FIS/02	unico		48				
Sensori, Rivelatori ed Elettronica Associata	FIS/01	unico		48				
Tecniche di Accelerazione dei Fasci di Particelle	FIS/01, FIS/03	unico		48				
Tecniche Sperimentali in Fisica delle Particelle Elementari	FIS/01	unico		48				
Teoria Quantistica dei Campi I	FIS/02	unico		48				
Insegnamenti a scelta autonoma	-	unico	12	96	Lezione frontale	D	-	Obbligatorio
Prova finale	-	unico	39	-	-	E	-	Obbligatorio

Elenco delle propedeuticità

L'insegnamento di Elettrodinamica Classica è propedeutico a: Teoria Quantistica dei Campi I.

L'insegnamento di Meccanica Quantistica è propedeutico a: QCD Perturbativa; Teoria Quantistica dei Campi I.

L'insegnamento di Teoria Quantistica dei Campi I è propedeutico a: Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali; QCD Perturbativa.

CURRICULUM FISICA TEORICA

Il curriculum "Fisica Teorica" del corso di Laurea Magistrale in Fisica ha lo scopo di formare persone che abbiano una conoscenza approfondita delle principali tematiche della Fisica Teorica moderna e padronanza di moderne tecniche per la soluzione dei problemi relativi. Il laureato magistrale in Fisica, curriculum "Fisica Teorica", dovrà acquisire particolari capacità di utilizzare le sue conoscenze per l'interpretazione e la previsione del comportamento di sistemi complessi. Il laureato potrà inserirsi in gruppi di ricerca presso strutture pubbliche e private oppure potrà utilizzare le sue capacità di modellizzazione in altri ambienti lavorativi.

I Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Complementi di Metodi Matematici	FIS/02	unico	6	48	Lezione Frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Meccanica Quantistica	FIS/02	unico	9	72	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Teoria Quantistica dei Campi I	FIS/02	unico	6	48	Lezione Frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Metodi Numerici della Fisica	FIS/02	unico	6	48	Lezione Frontale	C		Obbligatorio (uno a scelta)
Modellizzazione dei Sistemi Biologici								
Relatività Generale e Gravitazione								
Meccanica Statistica I	FIS/02	unico	6	48	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio (uno a scelta)
Meccanica statistica II								
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-		4	-	-	F	Ulteriori conoscenze linguistiche	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-		2	-	-	F	-	-

II Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Fenomenologia delle particelle elementari	FIS/02	unico	12	48	Lezione frontale	C	-	Obbligatorio (due a scelta)
Fisica Astroparticellare Teorica	FIS/02	unico		48				
Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali	FIS/02	unico		48				

Introduzione alla Gravità Quantistica	FIS/02	unico		48				
Modellizzazione dei Sistemi Biologici	FIS/02	unico		48				
QCD perturbativa	FIS/02	unico		48				
Sistemi Complessi	FIS/02	unico		48				
Teoria Classica dei Campi	FIS/02	unico		48				
Teoria dei Gruppi e Applicazioni	FIS/02	unico		48				
Teoria delle Stringhe	FIS/02	unico		48				
Teoria dell'informazione quantistica	FIS/02	unico		48				
Teoria Quantistica dei Campi II	FIS/02	unico		48				
Teoria Quantistica della Misurazione	FIS/02	unico		48				
Insegnamenti a scelta autonoma	-	unico	12	96	Lezione frontale	D	-	Obbligatorio
Prova finale	-	unico	39	-	-	E	-	Obbligatorio

Elenco delle propedeuticità

L'insegnamento di Elettrodinamica Classica è propedeutico a: Teoria Classica dei Campi, Teoria Quantistica dei Campi I.

L'insegnamento di Meccanica Quantistica è propedeutico a: QCD perturbativa; Teoria dei Gruppi e Applicazioni; Teoria dell'informazione quantistica; Teoria Quantistica dei Campi I; Teoria Quantistica della Misurazione.

L'insegnamento di Teoria Quantistica dei Campi I è propedeutico a: Fenomenologia delle Particelle Elementari; Fisica Astroparticellare Teorica; Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali; Introduzione alla Gravità Quantistica; QCD perturbativa; Teoria Quantistica dei Campi II; Teoria delle Stringhe.

L'insegnamento di Relatività Generale e Gravitazione è propedeutico a: Fisica Astroparticellare Teorica; Introduzione alla Gravità Quantistica; Teoria delle Stringhe.

CURRICULUM GEOFISICA

Oltre agli obiettivi generali della Laurea Magistrale in Fisica, il curriculum “Geofisica” ha come obiettivi formativi

- una solida preparazione culturale nella geofisica teorica ed applicata e una approfondita conoscenza delle moderne strumentazioni e tecniche di acquisizione, elaborazione e interpretazione di dati geofisici;
- una completa padronanza dei metodi di monitoraggio, classificazione e modellizzazione di fenomeni dinamici complessi, a scala planetaria, continentale, regionale e locale;
- una elevata preparazione scientifica ed operativa per il miglioramento e lo sviluppo di metodi d’esplorazione geofisica del sottosuolo e di studio dei parametri fisici delle rocce.

Tra le attività che i laureati magistrali in Fisica, curriculum Geofisica, potranno svolgere si indicano: la promozione e lo sviluppo dell’innovazione scientifica e tecnologica nel settore proprio delle Scienze della Terra, nonché la gestione e progettazione di tecnologie e metodologie di analisi in ambiti correlati ai settori dell’industria, dei beni culturali, dell’ingegneria civile, dell’ambiente e del territorio. I laureati magistrali in Fisica, curriculum Geofisica, potranno trovare impiego in osservatori e istituti di ricerca fondamentale e applicata e per la prevenzione ed il controllo dei rischi naturali ed ambientali, e in altre attività produttive di vasta utilità, quale, ricerca e sfruttamento di risorse naturali, gestione del territorio, analisi non invasive nel campo dei beni culturali, progettazione di strumentazione per l’esplorazione geofisica del sottosuolo e il monitoraggio dei fenomeni naturali, informatica applicata alle scienze della terra.

I Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Analisi ed elaborazione dei segnali	FIS/01, FIS/06, FIS/07	unico	6	52	Lezione frontale e Laboratorio	C	Astrofisico, geofisico e spaziale	Obbligatorio
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico e della struttura della materia	Obbligatorio
Fisica della Terra e dell’atmosfera	FIS/06	unico	6	48	Lezione frontale	B	Astrofisico, geofisico e spaziale	Obbligatorio
Fisica Quantistica	FIS/02	unico	6	48	Lezione frontale	B	Teorico e dei fondamenti della fisica	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale applicativo	Obbligatorio
Meccanica del continuo	FIS/06	unico	6	48	Lezione frontale	B	Astrofisico, geofisico e spaziale	Obbligatorio
Metodi inversi	FIS/06	unico	6	48	Lezione frontale	B	Astrofisico, geofisico e spaziale	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-		4	-	-	F	Ulteriori conoscenze linguistiche	Obbligatorio
Ulteriori attività formative (art. 10 comma 5)	-		2	-	-	F	-	-

II Anno

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Sismologia	FIS/06	unico	9	72	Lezione frontale e Laboratorio	B	Astrofisico, geofisico e spaziale	Obbligatorio

Complementi di metodi matematici	FIS/02	unico	6	48	Lezione frontale	C		Obbligatorio (uno a scelta)
Geofisica applicata	GEO/11	unico						
Introduzione alla Sismologia vulcanica e non ordinaria	FIS/06	unico						
Meccanica Statistica I	FIS/02	unico						
Metodi Matematici per la Geofisica Sismologia dei big data	FIS/02	unico						
	FIS/06	unico						
Termodinamica computazionale	FIS/03	unico						
Insegnamenti a scelta autonoma	-	unico	12	96	Lezione frontale	D	-	Obbligatorio
Prova finale	-	unico	39	-	-	E	-	Obbligatorio

Elenco delle propedeuticità

Nessuna.

ALLEGATO 2.1

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO FISICA (PHYSICS)

CLASSE LM-17

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Fisica "Ettore Pancini"

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024 - 2025

LEGENDA

Tipologia di Attività Formativa (TAF):

- B = Caratterizzanti
- C = Affini o integrativi
- D = Attività a scelta
- E = Prova finale e conoscenze linguistiche
- F = Ulteriori attività formative

SCHEDE INSEGNAMENTI

Insegnamento: ANALISI DATI IN FISICA SUBNUCLEARE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/01		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali.			
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire conoscenze e capacità d'uso delle tecniche per la trattazione e l'interpretazione statistica dei dati sperimentali, nonché la comunicazione e presentazione dei risultati ottenuti. Approfondisce ed amplia temi di statistica di fondamento, descrivendone l'applicazione nell'ambito dei moderni esperimenti di fisica delle particelle, e fornisce ulteriori strumenti statistici avanzati di comune applicazione nelle analisi attuali. Al termine del corso lo studente sarà in grado di: - padroneggiare i concetti di teoria delle probabilità avanzati ed applicarli a casi concreti di fisica; - comprendere i design degli esperimenti e delle tecniche da loro utilizzate in funzione degli obiettivi di fisica; - comprendere ed assimilare le procedure in altre analisi dati grazie alle competenze, il linguaggio, e la forma mentis acquisite; - esaminare criticamente, disegnare e realizzare delle analisi di dati.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione di un elaborato			

progettuale.

Insegnamento: ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/01, FIS/06, FIS/07		CFU: 6	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie al perfezionamento e allo sviluppo delle metodiche di raccolta, trattazione e specifica interpretazione dei dati.			
Obiettivi formativi: il corso ha lo scopo di fornire allo studente la conoscenza e la capacità di comprensione delle basi teorico-sperimentali e degli strumenti numerici per l'analisi dei segnali a tempo discreto. Il corso fornirà la capacità di apprendimento degli strumenti numerici e dell'uso dei software per l'analisi tempo-frequenza di segnali sismici e non solo. Nella parte esercitativa lo studente svilupperà la conoscenza e la capacità di comprensione applicate all'analisi di segnali sismici ed alla loro modellazione. In particolare, alla fine del corso lo studente sarà in grado di: - Padroneggiare i concetti principali della teoria dell'elaborazione dei segnali numerici a tempo discreto. - Comprendere e sviluppare autonomamente applicazioni di tali concetti all'analisi di segnali simici e non. - Sviluppare autonomamente brevi progetti sperimentali basati sull'uso di tecniche e software per l'analisi di serie temporali.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È richiesta una buona familiarità con i concetti e principii di Algebra Lineare, Equazioni differenziali, Calcolo Vettoriale, Teoria di Fourier, Probabilità e Statistica.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna. Tuttavia, i contenuti del corso possono essere utili per il corso di Sismologia.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale, consistente nella presentazione di argomenti svolti durante le lezioni frontali del corso e della discussione di un breve progetto sperimentale sull'elaborazione di segnali sismici.			

Insegnamento: ASTROFISICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/05		CFU: 9	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio sia teorico sia osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.			
Obiettivi formativi: Il corso introduce lo studente alle nozioni fondamentali dell’Astrofisica da un punto di vista teorico, osservativo e sperimentale. In particolare, lo studente apprenderà come determinare le caratteristiche fisiche dei corpi celesti dalle quantità osservabili al telescopio, con enfasi sulle osservazioni nella parte del visibile dello spettro elettromagnetico. Lo studente apprenderà come usare questi osservabili per costruire un modello fisico dei sistemi celesti, e in particolare di nubi interstellari, stelle, prodotti finali dell’evoluzione stellare quali nane bianche, stelle di neutroni e buchi neri, e comprendere la loro formazione ed evoluzione. Alla fine del corso gli studenti dovranno essere in grado di applicare queste nozioni per comprendere dei semplici articoli scientifici di astronomia e astrofisica nonché per svolgere osservazioni astronomiche.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.			
Propedeuticità in uscita: Astrofisica delle Alte Energie, Astrofisica Multimessaggera, Cosmologia, Complementi di Cosmologia, Evoluzione Stellare, Fisica delle Galassie, Laboratorio di Astrofisica, Planetologia.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.			

Insegnamento: ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/05		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio sia teorico sia osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione			

soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a fornire allo studente le competenze indispensabili per raggiungere una visione pancromatica dei fenomeni astrofisici. In particolare, si propone di fornire la comprensione dei processi delle alte energie, combinando aspetti teorici, osservativi e fenomenologici, con particolare attenzione ai principi fisici fondamentali che sottendono i fenomeni studiati. Il corso ha inoltre l'obiettivo di fornire agli studenti la conoscenza delle principali tecniche di rivelazione e dei più importanti rivelatori dei fotoni di alta energia. In particolare, al termine del corso, gli studenti sapranno: - Esaminare e descrivere i processi di produzione di radiazione e di interazione radiazione-materia coinvolti nei fenomeni astrofisici tipici delle alte energie; - Comprendere le tecniche di rivelazione per le alte energie e conoscere i rivelatori e telescopi attualmente in uso. - Discutere della fenomenologia dei processi astrofisici di alte energie nel contesto generale dell'astrofisica e della cosmologia.
Propedeuticità in ingresso: Astrofisica.
Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.

Insegnamento: ASTROFISICA NUCLEARE	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS01, FIS04	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Metodologie necessarie allo studio, da un punto di vista sia teorico sia sperimentale, dei fenomeni nucleari di interesse astrofisico.	
Obiettivi formativi: - Il corso intende fornire allo studente adeguata conoscenza e capacità di comprensione delle basi della fisica nucleare sperimentale di basse energie, con particolare riguardo alle tematiche di interesse astrofisico. - Lo studente si confronterà con le problematiche relative ai processi nucleari che influenzano la nucleosintesi degli elementi nelle prime fasi dell'universo e in tutti gli oggetti astrofisici formati successivamente, e che determinano l'evoluzione delle stelle, la generazione di energia, la luminosità dei neutrini. - Lo studente sarà in grado di comprendere l'origine degli elementi chimici, e di spiegare con linguaggio appropriato, anche a non esperti, la nucleosintesi risultante dall'evoluzione stellare. - Lo studente saprà interpretare autonomamente i risultati di esperimenti su tematiche di ricerca nel campo dell'Astrofisica Nucleare e più in generale della fisica nucleare di bassa energia. Sarà in grado di valutarne indipendentemente la correttezza delle metodologie applicate e la qualità dei dati acquisiti.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È richiesta la conoscenza di base della fisica sperimentale e dell'elaborazione statistica dei dati. Conoscenza di base della teorica quantistica. Conoscenza di base della fisica nucleare.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.	

Insegnamento: ASTROINFORMATICA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/05	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio sia teorico sia osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.	
Obiettivi formativi: Il corso affronta in modalità multidisciplinare i principali aspetti teorici e pratici alla base della virtuosa sinergia tra Astrofisica, Data Science e Machine Learning. Scopo ultimo è formare i giovani astrofisici all'indagine scientifica attraverso il paradigma dell'esplorazione "data driven", ossia lasciandosi "guidare dal dato", acquisendo la capacità di analizzare, comprendere, correlare, processare e rendere interoperabile in modo semi-automatico grandi volumi di dati, eterogenei e caratterizzati da complessi spazi dei parametri. I vari argomenti proposti sono formalizzati teoricamente e assimilati attraverso esempi pratici di implementazione	

Python in ambiente multi-tasking e di svolgimento di casi d'uso in ambito astrofisico, rendendo lo studente in grado di apprendere la metodologia sottostante e di trasferirla anche in altri settori della ricerca scientifica e industriale. La discussione analitica collegiale sui casi d'uso presentati è in grado di stimolare l'interesse personale verso vari ambiti dell'Astrofisica, oltre a far apprendere l'approccio collaborativo su un singolo progetto scientifico.
Propedeuticità in ingresso: Astrofisica.
Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Realizzazione di un progetto ed esame orale.

Insegnamento: ASTROFISICA MULTIMESSAGGERA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/05	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio sia teorico sia osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.	
Obiettivi formativi: Il corso affronta alcuni degli argomenti centrali nella nuova disciplina nota come <i>astronomia multimessenger</i> . Particolare attenzione viene dedicata ai fenomeni transienti astrofisici più potenti: i lampi di raggi gamma, i lampi radio veloci, le esplosioni di supernovae, e le relative mutue connessioni. Interesse particolare è riservato alle classi di transienti osservate di recente in diverse finestre dello spettro elettromagnetico, attraverso la rivelazione di onde gravitazionali, e/o di neutrini di alta energia. Queste sorgenti sono interessanti per la fisica all'origine dei processi altamente energetici osservati (regime di gravità forte, implicazioni sull'evoluzione stellare, formazione di getti astrofisici, nucleosintesi stellare esplosiva e origine degli elementi, shock relativistici, accelerazione di raggi cosmici) e grazie alla loro luminosità sono anche importanti strumenti di esplorazione dell'Universo su distanze cosmologiche, fino all'epoca della reionizzazione. Il corso offre inoltre una rassegna degli esperimenti dedicati attuali e futuri in questo campo di ricerca. Il corso ha l'obiettivo di permettere agli studenti di acquisire il rigore formale e le abilità necessarie per impostare e risolvere problemi relativi ai suddetti argomenti.	
Propedeuticità in ingresso: Astrofisica.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova scritta e orale.	

Insegnamento: BASI FISICHE DELLA RADIOTERAPIA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/07	CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze atte allo studio e allo sviluppo di metodologie fisiche (teoriche e sperimentali) necessarie sia alla descrizione e alla comprensione della materia vivente nel contesto biologico e medico, allo sviluppo e all'utilizzo della strumentazione necessaria al controllo e alla rivelazione di fenomeni fisici nell'ambito della terapia con radiazioni ionizzanti.	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di far acquisire conoscenze delle metodologie fisiche (teoriche e sperimentali) necessarie per la radioterapia, soprattutto quella con fasci esterni (teleterapia). In particolare, si descriverà la produzione dei fasci radiativi, la loro somministrazione, e le basi per il frazionamento della dose e per il piano di trattamento e nuove modalità quali SBRT e adroterapia.	
Propedeuticità in ingresso: Fisica Medica.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova scritta.	

Insegnamento: BASI FISICHE DELLA RISONANZA MAGNETICA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/07, ING-INF/02	CFU: 6

Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze atte a comprendere e utilizzare le basi teoriche e sperimentali relative all' <i>imaging</i> di risonanza magnetica, nell'ambito della diagnostica medica, e alla radioprotezione dell'uomo rispetto alle radiazioni non ionizzanti.	
Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di far acquisire conoscenze degli aspetti di base della Risonanza Magnetica per applicazioni diagnostiche e relativi all'hardware, all'imaging e alla protezione del paziente e degli operatori. Verranno inoltre impiegati software e strumentazione per la dosimetria elettromagnetica.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.	

Insegnamento: BIOFISICA DELLE RADIAZIONI	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/07	CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per la comprensione dei principali meccanismi e modelli biofisici degli effetti biologici di interesse per la salute umana derivanti dall'interazione della radiazione ionizzante con la materia biologica a livello molecolare, cellulare e tissutale. Saranno inoltre fornite le nozioni teoriche e sperimentali per la quantificazione di tali effetti e la loro rilevanza in ambito radioprotezionistico e radioterapico. Infine, saranno illustrati approcci terapeutici basati su reazioni nucleari (ad es., BNCT, PBCT) o regimi temporali peculiari.	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di far acquisire le conoscenze di base dell'azione biologica delle radiazioni ionizzanti e permetterà allo studente di: - Comprendere il ruolo della distribuzione spazio-temporale degli eventi di deposizione energetica su scala nano- e micrometrica nell'induzione di effetti biomolecolari, cellulari e sistemici; - Correlare la varietà e severità di tali effetti a parametri fisici e biologici, quali la dose, la densità di ionizzazione e struttura di traccia, l'efficienza del riparo del DNA ed il profilo genetico; - Apprendere alcune metodiche con cui quantificare il danno citogenetico radioindotto e paragonare l'efficacia di radiazioni di qualità e/o ratei di dosi diversi che giustificano nuovi approcci quale l'adroterapia o la FLASH <i>radiotherapy</i>.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.	

Insegnamento: BIOFOTONICA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/03	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione sperimentale delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con la materia biologica.	
Obiettivi formativi: La biofotonica è un'area emergente della ricerca in un settore di particolare attualità nella scena più avanzata dello studio di sistemi biologici e per le rilevanti ricadute scientifiche e tecnologiche. Si tratta di un ambito della ricerca con una forte connotazione interdisciplinare. Infatti, la biofotonica mira all'utilizzo di tecniche fotoniche molto avanzate per investigare sistemi biologici dalla scala mesoscopica fino a quella di singola molecola. L'obiettivo del corso è quello di dare una panoramica ampia, ma non troppo specialistica, di questo variegato settore curando sia gli aspetti teorici che quelli sperimentali delle principali tecniche.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.	

Insegnamento: COMPLEMENTI DI COSMOLOGIA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/05		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio sia teorico sia osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.			
Obiettivi formativi: Il corso si prefigge di fornire agli studenti competenze avanzate su aspetti teorici e osservativi della cosmologia moderna e delle teorie della gravitazione, partendo dalla cosmologia relativistica. Si considererà il cosiddetto Modello Cosmologico Standard, i modelli inflazionari, fino a giungere ai modelli fisici di energia oscura. Gli argomenti trattati potranno includere le onde gravitazionali in ambito cosmologico, il <i>lensing</i> gravitazionale, la Quantum Cosmology e cenni di teorie modificate della gravitazione, classi di soluzioni delle equazioni di Einstein come buchi neri, oggetti compatti e <i>wormhole</i> . Il corso segue un'impostazione teorica avanzata senza trascurare gli aspetti fenomenologici.			
Propedeuticità in ingresso: Astrofisica; Cosmologia.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale.			

Insegnamento: COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/02		CFU: 6	
Anno di corso: I, II		Tipologia di Attività Formativa: B, C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, con l'ausilio di adeguati strumenti matematici, nonché competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici.			
Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di fornire allo studente alcuni strumenti matematici avanzati della Fisica Teorica e Applicata, relativi, ad esempio, ad alcuni argomenti di Analisi Funzionale e teoria delle equazioni alle derivate parziali. Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di: - esporre in maniera chiara e rigorosa gli argomenti studiati; - inquadrare gli argomenti affrontati nel contesto delle teorie matematiche di riferimento; - utilizzare in maniera consapevole gli strumenti acquisiti in contesti applicativi, facendo particolare attenzione ai limiti imposti dalle ipotesi necessarie.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Sono richieste conoscenze di argomenti di Analisi Matematica e Metodi Matematici per la Fisica trattati nella Laurea Triennale in Fisica.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale durante la quale sarà possibile discutere un elaborato preparato dallo studente.			

Insegnamento: COSMOLOGIA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/05		CFU: 6	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Comprende le competenze necessarie allo studio sia teorico sia osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.			
Obiettivi formativi: Il corso introduce lo studente alle nozioni fondamentali della Relatività Generale e della cosmologia relativistica, da un punto di vista teorico e osservativo, con particolare attenzione ai fondamenti concettuali alla base di queste discipline. Lo studente apprenderà i fondamenti fisici e matematici della Relatività Generale, derivando le soluzioni			

di interesse cosmologico, per giungere alla costruzione dei più importanti modelli cosmologici relativistici. Vengono discussi i fondamenti osservativi e teorici della cosmologia e i test cosmologici di maggiore uso nella ricerca contemporanea: le survey fotometriche e spettroscopiche, l'analisi della radiazione cosmica di fondo, le candele standard e la misura delle distanze, il lensing gravitazionale. Al termine del corso gli studenti dovranno essere in grado di applicare le conoscenze acquisite per comprendere parte degli articoli scientifici nella letteratura contemporanea.
Propedeuticità in ingresso: Astrofisica.
Propedeuticità in uscita: Complementi di Cosmologia.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova scritta e orale.

Insegnamento: DIDATTICA DELLA FISICA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/08	CFU: 9
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie al trasferimento dei concetti fondamentali e delle conoscenze della fisica e alla discussione delle problematiche connesse con i fondamenti della fisica classica e moderna.	
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato all'acquisizione di capacità nel progettare e realizzare attività didattiche per l'insegnamento della fisica nella scuola secondaria. In particolare, studiando proposte che emergono da sperimentazioni e da risultati dalla ricerca in didattica della fisica si lavora intorno a proposte che mirano allo sviluppo di percorsi longitudinali basati su una visione unitaria della fisica con una particolare attenzione ai processi di modellizzazione e ai problemi di interpretazione nel passaggio dalla fisica classica a quella moderna. Alla fine del corso gli studenti avranno acquisito capacità nel -conoscere la ricerca in didattica della fisica e progettare attività didattiche per studenti e per la formazione degli insegnanti integrando strategie e tecnologie appropriate per migliorare l'apprendimento e l'insegnamento, valorizzando le risorse degli studenti e lavorando contemporaneamente su fisica e linguaggio, fisica e matematica, fisica e tecnologia; -riconoscere il ruolo della pedagogia, della storia della fisica e della epistemologia nel progettare proposte in didattica della fisica classica e moderna; -saper comunicare l'evoluzione dei concetti chiave della fisica e dei concetti trasversali alle diverse discipline scientifiche.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Sono richieste conoscenze pregresse di Fisica Generale e Laboratorio di Fisica.	
Propedeuticità in uscita: Didattica della Fisica Moderna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame incentrato sulla discussione di un elaborato progettuale scritto.	

Insegnamento: DIDATTICA DELLA FISICA MODERNA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/08	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: B
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze legate al trasferimento dei concetti fondamentali e delle conoscenze della fisica e alla discussione delle problematiche connesse con i fondamenti della fisica classica e moderna.	
Obiettivi formativi: Il corso propone agli studenti una panoramica degli aspetti teorici e sperimentali della Didattica della Fisica, con l'attenzione rivolta alla Fisica moderna e contemporanea. Sul piano delle conoscenze, il corso fornirà contenuti specifici di didattica disciplinare, principalmente basati su lavori tratti dalla letteratura scientifica corrente. Su quello delle competenze, il corso offrirà l'occasione di far proprie le argomentazioni della ricerca in didattica in Fisica nella prospettiva dell'applicazione ai contesti didattici reali. Infine, il corso darà occasione di rafforzare le capacità comunicative nei contesti di presentazione didattica.	
Propedeuticità in ingresso: Didattica della Fisica. Il corso può essere seguito senza difficoltà da un laureato triennale in Fisica. Per gli studenti con formazione diversa, sono richieste una buona conoscenza pregressa della Fisica Generale e nozioni della Didattica della Fisica. Per tali studenti, il corso permetterà un rafforzamento mirato su alcuni temi di fisica moderna.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame incentrato sulla discussione di un elaborato	

progettuale scritto.

Insegnamento: DIDATTICA DELLE DISCIPLINE STEM		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/08		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie al trasferimento dei concetti fondamentali e delle conoscenze della fisica e alla discussione delle problematiche connesse con i fondamenti della fisica classica e moderna.			
Obiettivi formativi: Il corso consentirà ai discenti di acquisire conoscenze approfondite sulla progettazione e l'implementazione di interventi didattici multidisciplinari centrati sulle materie STEM (Science – Technology – Engineering – Mathematics) per la scuola secondaria di primo e secondo grado. Il corso permetterà di completare la formazione del laureato magistrale permettendogli di applicare le tecnologie didattiche e le metodologie pedagogiche apprese in altri corsi all'ambito allargato STEM, nell'ottica dell'insegnamento dell'educazione civica e della realizzazione di percorsi per le competenze trasversali e l'orientamento (PCTO). Il Corso permetterà infine agli studenti di approfondire tematiche trasversali della fisica presenti nelle indicazioni nazionali e che possono essere declinate in ottica della didattica STEM. Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di: - essere in grado di documentare attività, progettare schede di lavoro e strumenti di valutazione per strutturare interventi didattici nella scuola secondaria di primo e secondo grado nell'ottica STEM. - saper selezionare opportuni materiali e attività didattiche da proporre a studenti di scuola secondaria di primo e secondo grado in accordo con quanto previsto nelle Indicazioni Nazionali dei Licei e nella pratica scolastica italiana per le materie STEM - saper ricostruire dal punto di vista educativo le conoscenze e le metodologie di ricerca proprie della fisica e delle altre discipline STEM per poter progettare interventi didattici adatti a studenti di scuola secondaria di primo e secondo grado			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame incentrato sulla discussione di un elaborato progettuale scritto costituito da schede didattiche progettate autonomamente.			

Insegnamento: DOSIMETRIA DELLE RADIAZIONI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/07		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze per la comprensione dei processi di assorbimento della radiazione ionizzante e per l'utilizzo della strumentazione necessaria alla misura di dose di radiazione nell'ambito della diagnosi e cura.			
Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di far acquisire conoscenze degli aspetti di base della dosimetria delle radiazioni ionizzanti utilizzate in ambito medico diagnostico e terapeutico, attraverso la descrizione delle principali grandezze fisiche dosimetriche e delle loro relazioni, dei principi dosimetrici, dei protocolli e della principale strumentazione utilizzata nelle misure di dose. Verranno, inoltre, acquisite capacità di utilizzo di strumentazione dosimetrica.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.			

Insegnamento: ELETTRODINAMICA CLASSICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/03		CFU: 9	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la			

materia. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà conoscenze avanzate dei principali fenomeni dell'elettromagnetismo nel vuoto e nei mezzi materiali, inclusa la formulazione relativistica dell'elettromagnetismo. Questo richiederà l'acquisizione delle basi della relatività speciale e del formalismo covariante. Per quanto concerne le capacità applicate, lo studente dovrà essere in grado di risolvere un qualsiasi problema di elettromagnetismo di livello base/intermedio e dovrà aver acquisito familiarità con alcuni strumenti matematici più avanzati per risolvere equazioni differenziali alle derivate parziali tipiche dell'elettromagnetismo, come i metodi di soluzione per separazione di variabili, la funzione di Green e le espansioni in basi funzionali.
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.
Propedeuticità in uscita: Teoria Classica dei Campi, Teoria Quantistica dei Campi I.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame scritto e orale.

Insegnamento: ELETTRONICA DIGITALE	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/01	CFU: 6
Anno di corso: I, II	Tipologia di Attività Formativa: B, C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per investigare i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni studiati, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni e alla trattazione dei dati sperimentali.	
Obiettivi formativi: Conoscenza delle principali tecniche di analisi e sintesi di circuiti digitali. Analisi di Fault Coverage, Ridondanza e Minimizzazione di circuiti combinatori. Analisi dei principali building-blocks sequenziali (contatori, shift-registers, LFSR, logiche programmabili). Progettazione di Automi a Stati Finiti per applicazioni ad alte prestazioni, anche con caratteristiche di auto- inizializzazione. Analisi delle prestazioni timing di circuiti digitali e delle tecniche di recupero da condizioni di errore. Progettazione di sistemi digitali complessi e applicazioni a strumentazione di misura. Sviluppo di capacità autonoma di comprensione di testi specializzati e articoli di ricerca nel settore.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Sono richieste conoscenze di elettronica di base.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna. I contenuti del corso possono essere utili per l'insegnamento di Laboratorio di Sistemi Digitali.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale, consistente nella discussione di argomenti svolti durante le lezioni frontali del corso.	

Insegnamento: EVOLUZIONE STELLARE	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/05	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio sia teorico che osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.	
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato alla comprensione della struttura e dell'evoluzione delle stelle in funzione della loro massa e composizione chimica iniziali e all'interpretazione dei diagrammi colore-magnitudine osservati attraverso la fisica stellare. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Descrivere il percorso evolutivo di una stella al variare della sua massa e composizione chimica, fino alle fasi finali. - Interpretare i diagrammi colore-magnitudine osservati. - Spiegare le differenze evolutive in termini di differenze negli input fisici e numerici. - Comprendere la differenza tra traccia evolutiva ed isocrona e tra popolazioni stellari semplici, composite e non risolte. - Descrivere i fondamenti della pulsazione stellare e le basi fisiche dell'utilizzo delle stelle pulsanti classiche come indicatori di distanza e traccianti di popolazione stellare.	

Propedeuticità in ingresso: Astrofisica
Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale.

Insegnamento: FASI QUANTISTICHE DELLA MATERIA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/03	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi.	
Obiettivi formativi: La meccanica quantistica è utilizzata come strumento per la descrizione delle fasi della materia alle basse temperature e delle transizioni verso stati di coerenza quantistica macroscopica, come Superfluidità, Superconduttività, Effetto Hall quantistico intero e frazionario. Si introducono, inoltre, le fasi topologiche della materia e alcuni dispositivi per la computazione quantistica. Il corso presenta: • superfluidità e superconduttività come stati che mostrano coerenza macroscopica; • caratteristiche fondamentali dei dispositivi a semiconduttore a bassa dimensionalità, come giunzioni tunnel, barre Hall e dispositivi a super-conduttore, come giunzioni Josephson, SQUID dc e ac e bit quantistici a superconduttore per l'informazione quantistica universale e adiabatica; • proprietà di materiali in cui la conduzione elettronica è topologicamente protetta, partendo dalla Fase di Berry della funzione d'onda elettronica nel poliacetilene, fino agli stati elettronici di bordo topologicamente protetti in Isolanti e Superconduttori Topologici con discussione sulla loro rilevanza nella spintronica e nell'informazione quantistica topologica.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Si richiedono conoscenze di Meccanica Statistica.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.	

Insegnamento: FENOMENOLOGIA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici.	
Obiettivi formativi: L'insegnamento è inteso a fornire, agli studenti interessati alla Fisica Teorica delle Particelle Elementari, gli strumenti per comprendere l'attuale descrizione dei processi di interazione – forte, debole ed elettromagnetica - tra particelle elementari nell'ambito del Modello Standard e studiare le evidenze di Nuova Fisica. Particolare attenzione viene dedicata ai metodi di analisi teorica e alle loro applicazioni, come pure al confronto con i risultati degli esperimenti, nel panorama attuale della ricerca. Si studieranno le teorie effettive dei quark leggeri e di quelli pesanti e metodi non perturbativi quali modelli a quark ed applicazioni della teoria dei gruppi. Sarà affrontata tutta la fenomenologia dei mesoni π , K, D, B, la violazione della simmetria di Carica Parità (CP), la fenomenologia connessa alla fisica del neutrino e quella del settore di gauge del Modello Standard (inclusa la fisica dell'Higgs).	
Propedeuticità in ingresso: Teoria Quantistica dei Campi I.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.	

Insegnamento:	Lingua di erogazione dell'Insegnamento:
----------------------	--

FISICA ASTROPARTICELLARE		Italiano
SSD: FIS/01, FIS/04		CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali. L'insegnamento riguarda anche la ricerca nei campi della fisica legata ai reattori nucleari e alle sorgenti radiogene in genere, nonché nei campi dell'elettronica nucleare, della radioattività e della fisica delle particelle di origine cosmica.		
Obiettivi formativi: L'insegnamento è finalizzato ad introdurre lo studente alla fisica Astroparticellare, un settore di ricerca avanzato al confine tra l'astrofisica, la cosmologia e la fisica delle particelle elementari in continua e rapida evoluzione. Le principali tematiche sono trattate sia da un punto di vista fenomenologico che sperimentale. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - comprendere i risultati dei principali esperimenti di fisica astroparticellare; - interpretare grafici e dati numerici, in relazione ai modelli fisici proposti; - avrà sviluppato la capacità di esporre gli argomenti di una branca della fisica in continua evoluzione e potrà seguirne autonomamente gli sviluppi futuri.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.		
Propedeuticità in uscita: Nessuna.		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione di un elaborato progettuale.		

Insegnamento: FISICA ASTROPARTICELLARE TEORICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici.		
Obiettivi formativi: L'insegnamento ha l'obiettivo di familiarizzare lo studente con gli argomenti di maggiore attualità nel campo della fisica astroparticellare odierna: Cosmologia fisica e Raggi Cosmici. Una comprensione rigorosa della fisica che avviene attraverso (e nelle fasi cruciali) dell'evoluzione dell'Universo Cosmologico è uno degli obiettivi principali, per cui gli studenti dovranno: - familiarizzarsi con i processi fisici nell'Universo descritto dal modello Cosmologico (e con il modello stesso); - mettere in relazione quei processi fisici con le segnature che possono poi essere effettivamente osservate tramite esperimenti; - effettuare un test di quelle segnature sul modello studiato per falsificarlo/verificarlo, così identificando i principali problemi del modello Cosmologico oggi. Nella seconda parte del corso, gli studenti guadagneranno familiarità con l'evidenza empirica dei Raggi Cosmici, e con la fisica della loro rivelazione, produzione, e propagazione.		
Propedeuticità in ingresso: Teoria Quantistica dei Campi I; Relatività Generale e Gravitazione.		
Propedeuticità in uscita: Nessuna.		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame scritto e orale, mediante svolgimento di tesina tematica, con soggetto identificato da docente e studente durante il corso. Lo scopo dell'esame sarà di verificare l'avvenuta comprensione e l'indipendenza dello studente nell'orientarsi fra le tematiche dominanti del corso.		

Insegnamento: FISICA DELLE ATMOSFERE STELLARI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/05		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C	

Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio sia teorico sia osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.	
Obiettivi formativi: Il corso introduce alla fenomenologia essenziale e ai concetti di base della fisica delle atmosfere stellari, con enfasi sull'atmosfera del Sole e di stelle di tipo solare. In particolare, gli studenti apprenderanno le principali tecniche che consentono di derivare informazioni quantitative da osservazioni con strumenti sia da Terra che dallo spazio dell'emissione elettromagnetica e particellare del Sole e di stelle di tipo solare. Alla fine del corso, gli studenti saranno quindi in grado di comprendere semplici articoli sia teorici che osservativi di fisica del Sole e di stelle di tipo solare.	
Propedeuticità in ingresso: Astrofisica. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale con possibilità di discussione di una un argomento concordato con il docente.	

Insegnamento: FISICA DEI NUCLEI ESOTICI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS04		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio, da un punto di vista sia teorico sia sperimentale, dei fenomeni nucleari peculiari dei nuclei esotici, ossia aventi un rapporto del numero di neutroni e protoni lontano da quello usualmente osservato in Natura, nonché gli aspetti tecnologici e strumentali connessi.			
Obiettivi formativi: - Lo studente acquisirà le conoscenze riguardo la struttura dei nuclei esotici e dei meccanismi di reazione più rilevanti per la loro caratterizzazione, delle principali metodologie per la produzione e la selezione di fasci di nuclei esotici, nonché le loro applicazioni. - Lo studente saprà progettare e realizzare esperimenti per la determinazione di caratteristiche rilevanti di nuclei esotici. - Lo studente sarà in grado interpretare e descrivere i principi, le tecniche e i risultati di misure condotte col l'utilizzo di fasci di nuclei esotici. - Lo studente sarà in grado di comprendere e interpretare in maniera autonoma i risultati di misure sperimentali attuali pubblicati nella letteratura di riferimento.			
Propedeuticità in ingresso: Fisica Nucleare, Reazioni Nucleari.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.			

Insegnamento: FISICA DEI PLASMI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/03		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di plasmi nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà di interazione dei plasmi con i campi e con la materia. Le competenze di questo insegnamento riguardano anche la ricerca nei campi della fisica dei plasmi.			
Obiettivi formativi: Il corso mira a fornire una conoscenza di base della fisica dei plasmi utile: - a descrivere i principali processi fisici fondamentali che indicano che la materia, oltre che negli stati di aggregazione ordinari (solido, liquido e gas) può anche presentarsi nello stato di plasma, detto anche il quarto stato della materia; - ad attribuire al plasma il ruolo di elemento unificante tra varie discipline di frontiera: dalla fisica degli acceleratori di particelle a gradienti ultra-intensi alla fisica della fusione termonucleare controllata; - a permettere l'acquisizione delle metodologie fisiche che consentono la descrizione dei fenomeni collettivi in teoria cinetica e fluida del plasma.			

Propedeuticità in ingresso: Nessuna.
Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale con discussione di un elaborato.

Insegnamento: FISICA DEL FLAVOR	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/01	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali.	
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato ad introdurre lo studente alla fisica del flavor (o fisica del “sapore”), un settore di ricerca avanzato nell’ambito della fisica delle particelle elementari che si propone di indagare la Fisica del Modello Standard (MS) e cercare processi oltre il MS in processi virtuali tramite studi di precisione. Le principali tematiche sono trattate sia da un punto di vista fenomenologico che sperimentale. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - comprendere il ruolo della fisica del flavor nel contesto della fisica delle particelle elementari; - comprendere i risultati dei principali esperimenti di fisica del flavor; - interpretare grafici e dati numerici, in relazione ai modelli fisici proposti; - avrà sviluppato la capacità di esporre gli argomenti di una branca della fisica in continua evoluzione e potrà seguirne autonomamente gli sviluppi futuri.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione di un elaborato progettuale.	

Insegnamento: FISICA DELL'UNIVERSO OSCURO	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/01, FIS/04	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali. Competenze che riguardano anche la ricerca nei campi della fisica legata ai reattori nucleari e alle sorgenti radiogene in genere, nonché nei campi dell'elettronica nucleare, della radioattività e della fisica delle particelle di origine cosmica.	
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato ad introdurre lo studente alla fisica dell'Universo Oscuro, un settore di ricerca avanzato al confine tra l'astrofisica, la cosmologia e la fisica delle particelle elementari in continua e rapida evoluzione. Le principali tematiche sono trattate sia da un punto di vista fenomenologico che sperimentale. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - comprendere il contesto cosmologico e i modelli di materia ed energia oscura; - comprendere i risultati e le osservazioni dei principali esperimenti legati all'Universo Oscuro; - interpretare grafici e dati numerici, in relazione ai modelli fisici proposti. Lo studente avrà inoltre sviluppato la capacità di esporre gli argomenti trattati e potrà seguirne autonomamente gli sviluppi futuri.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.	

Insegnamento: FISICA DELLA MATERIA SOFFICE	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
---	--

SSD: FIS/03		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati liquidi e solidi, dei composti, degli stati diluiti. Competenze atte alla trattazione delle proprietà della materia soffice.		
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a fornire le conoscenze fondamentali relative alla Fisica della Soft Matter (Materia Soffice), ossia la sottoclasse della fisica della Materia Condensata che comprende sistemi e materiali caratterizzati da elevata deformabilità e dalla comparsa di fenomeni di auto-organizzazione. In particolare, il corso affronta lo studio di liquidi, polimeri, cristalli liquidi, colloidali, gel, schiume e materia biologica, oltre che di fenomeni di auto-organizzazione e di termodinamica e cinetica delle transizioni di fase. Esso affronta inoltre aspetti applicativi basati sull'uso di alcuni dei materiali sopra elencati. Il corso intende: • Rafforzare le conoscenze generali dello studente nel campo della materia condensata • Sviluppare nuove conoscenze nel settore della materia soffice e delle sue applicazioni • Incentivare le capacità di comunicazione tramite la preparazione guidata di presentazioni su alcuni argomenti specifici.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.		
Propedeuticità in uscita: Nessuna.		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.		

Insegnamento: FISICA DELLA RADIAZIONE COSMICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/01, FIS/04		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fisica legata ai reattori nucleari e alle sorgenti radiogene in genere, nonché nei campi dell'elettronica nucleare, della radioattività e della fisica delle particelle di origine cosmica.		
Obiettivi formativi: Il corso intende illustrare diversi aspetti avanzati della fisica della radiazione cosmica, allo scopo di comprenderne gli sviluppi nelle varie osservazioni, fino alle scoperte più recenti. Durante il corso vengono illustrati allo studente gli sviluppi nelle tecniche sperimentali per le varie osservazioni della radiazione cosmica, anche con uno sguardo a future applicazioni per le ricerche nel settore. Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze sulla fisica dei raggi cosmici, dei fotoni gamma, dei neutrini astrofisici, delle onde gravitazionali e sulle tecniche e gli apparati sperimentali utilizzati per misurarne le proprietà.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.		

Insegnamento: FISICA DELLA TERRA E DELL'ATMOSFERA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/06		CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla definizione e al perfezionamento di metodologie fisiche e fisico-matematiche per lo studio della Terra solida e della Terra fluida.		
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato all'apprendimento dei metodi e degli strumenti per la comprensione del sistema Terra-Atmosfera, integrando osservazioni e modelli analitici e numerici, attraverso un percorso trasversale che parte dalle onde sismiche per arrivare al campo magnetico terrestre e alla dinamica dell'atmosfera.		

In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di:
- Utilizzare metodi e strumenti analitici e numerici per la risoluzione di problemi riguardanti il sistema Terra-Atmosfera; - Integrare dati e modelli per vincolare soluzioni relative a problemi del sistema Terra-Atmosfera; - Rielaborare le proprie conoscenze di fisica per l'analisi di nuove situazioni sperimentali e la definizione di nuovi modelli; - Simulare i processi interni al sistema Terra-Atmosfera.
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Sono richieste conoscenze di analisi di equazioni differenziali alle derivate parziali, elementi di meccanica ondulatoria, principi di meccanica del continuo.
Propedeuticità in uscita: Nessuna. I contenuti del corso possono essere utili per il corso di Sismologia.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame scritto, consistente nella risoluzione di un problema PDE relativo al sistema Terra-Atmosfera con metodi numerici, e orale, consistente nella discussione di argomenti svolti durante le lezioni frontali del corso.

Insegnamento: FISICA DELLE GALASSIE	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/05	CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio sia teorico sia osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.	
Obiettivi formativi: Il corso introduce allo studio delle leggi fisiche che determinano la struttura, la dinamica e l'evoluzione delle galassie e delle strutture cosmiche con l'obiettivo di interpretare le evidenze osservative dagli studi fotometrici e spettroscopici nel quadro di coerenti modelli fisici. Lo studente acquisirà la capacità di costruire semplici modelli di galassie all'equilibrio dinamico, anche attraverso la soluzione quantitativa di esercizi e la lettura critica della letteratura contemporanea.	
Propedeuticità in ingresso: Astrofisica. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame scritto e orale	

Insegnamento: FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/01	CFU: 9
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Comprende le competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali.	
Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze e capacità di comprensione sui costituenti fondamentali della materia e le loro interazioni nonché sulle basi sperimentali del Modello Standard. Al termine del corso lo studente avrà acquisito: - conoscenze sulle interazioni di leptoni, quark e adroni e capacità di effettuare calcoli di sezioni d'urto e larghezze di decadimento a livello perturbativo più basso utilizzando le leggi dell'elettrodinamica quantistica, della teoria delle interazioni forte e debole e del modello unificato elettrodebole; - conoscenza, comprensione e capacità di valutazione critica dei risultati sperimentali che hanno permesso di delineare il Modello Standard.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova scritta e orale.	

Insegnamento:	Lingua di erogazione dell'Insegnamento:
----------------------	--

FISICA DELLO STATO SOLIDO I		Italiano
SSD: FIS/03		CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B, C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà meccaniche, ottiche e di trasporto della materia condensata. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fisica degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori.		
Obiettivi formativi: L'obiettivo principale del corso è quello di sviluppare la capacità dello studente di costruire modelli teorici descrittivi dei più significativi fenomeni che riguardano la fisica dello stato solido. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Esaminare la fenomenologia della conduzione termica ed elettrica nonché delle proprietà ottiche dei solidi; - Comprendere, utilizzare e, se necessario, estendere i modelli teorici; - Giudicare la qualità di un modello sulla base del confronto con i dati empirici; - Contestualizzare un modello inserendolo nel dominio cui appartengono modelli analoghi; - Esporre i risultati delle proprie elaborazioni in forma di relazione scritta, di una presentazione pubblica, etc.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.		
Propedeuticità in uscita: Fisica dello Stato Solido II. Modellizzazione Computazionale dei Materiali.		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.		

Insegnamento: FISICA DELLO STATO SOLIDO II		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/03		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà meccaniche, ottiche e di trasporto della materia condensata. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fisica degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori.		
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a fornire agli studenti conoscenze sugli sviluppi più moderni nella Fisica dello Stato Solido, sia per quanto riguarda i materiali e dispositivi di nuova generazione sia per quanto riguarda l'applicazione di metodi teorici avanzati per lo studio di tali materiali. In particolare, al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze fondamentali nell'ambito di: - confinamento quantistico e materiali nano-strutturati, inclusi i materiali bidimensionali; - metodi avanzati nello studio dei materiali, in particolare la Teoria del Funzionale Densità, con esercitazioni pratiche al calcolatore per illustrare l'applicazione di tali metodi al calcolo delle proprietà elettroniche e strutturali di semplici materiali (fra cui, ad esempio, il grafene). Il corso intende accompagnare lo studente verso prospettive moderne nell'ambito della ricerca sui materiali da un lato, e dall'altro fornire delle conoscenze di base nell'ambito di un curriculum di Fisica della Materia (come, ad esempio, il confinamento quantistico) che non siano già oggetto di studio nei corsi fondamentali.		
Propedeuticità in ingresso: Fisica dello Stato Solido I.		
Propedeuticità in uscita: Nessuna.		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.		

Insegnamento: FISICA E FILOSOFIA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/08		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio della storia della fisica a partire dalle origini delle idee fisiche. Si discuteranno anche le problematiche storiche, filosofiche ed epistemologiche connesse con i fondamenti della fisica (classica e moderna)		
Obiettivi formativi:		

La finalità del corso è quella di proporre allo studente gli elementi di base per valutare il percorso storico, filosofico ed epistemologico della scienza fisica e i metodi utilizzati nell'indagine scientifica. Gli obiettivi cognitivi attengono all'approfondimento culturale dello sviluppo ed evoluzione delle idee su cui si basano le teorie scientifiche della fisica, fornendo allo studente un quadro generale della complessa storia del pensiero scientifico. Le competenze da acquisire riguardano la capacità di identificare gli elementi essenziali di un'opera scientifica e le correlazioni tra le differenti concezioni scientifiche della Natura, nonché la capacità di critica negli approcci storicamente determinati, anche in riferimento al cambiamento concettuale dalla fisica classica alla fisica relativistica e quantistica. Alla conoscenza dei problemi aperti nei fondamenti della fisica, il corso intende inoltre affiancare la capacità di argomentare sulle interpretazioni di alcuni fenomeni fisici fondamentali, fornendo allo studente la capacità di posizionarsi criticamente rispetto ai temi e ai metodi di ricerca in fisica.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È necessario padroneggiare i contenuti dei corsi di: Meccanica e Termodinamica; Elettromagnetismo; Istituzioni di Fisica Quantistica; Fisica Moderna. Conoscere i principali contenuti del corso di Elettrodinamica Classica e di Fisica Quantistica.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale	

Insegnamento: FISICA MEDICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/07		CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze atte allo studio e allo sviluppo di metodologie fisiche (teoriche e sperimentali) necessarie sia alla descrizione e alla comprensione della materia vivente nel contesto ambientale, biologico e medico, sia allo sviluppo e all'utilizzo della strumentazione necessaria al controllo e alla rivelazione di fenomeni fisici nell'ambito della prevenzione, diagnosi e cura. Le competenze riguardano anche la ricerca nel campo delle tecniche fisiche della diagnostica biomedica, nonché nel campo della radioprotezione dell'uomo, dell'ambiente e delle cose.		
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà conoscenze dei principali campi della Fisica applicata alla medicina, incluso gli aspetti fisici di base dell'imaging radiodiagnostico planare, tomografico ed interventistico, della valutazione della qualità dell'immagine in relazione alla dose di radiazione ed elementi dell'imaging diagnostico medico-nucleare.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.		
Propedeuticità in uscita: Nessuna.		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.		

Insegnamento: FISICA NUCLEARE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS04		CFU: 9
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze sia teoriche che sperimentali, necessarie per effettuare ricerche nel campo della fisica nucleare, in particolare nello studio della struttura e dei meccanismi di reazione a basse energie.		
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire allo studente un quadro delle principali conoscenze acquisite nel campo della fisica nucleare a bassa energia, approfondendo i modelli nucleari e la loro verifica sperimentale, ai fini dello studio della struttura dei nuclei e dei meccanismi di reazione. Al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Comprendere e descrivere l'interazione nucleone-nucleone analizzando i vari contributi nei potenziali fenomenologici, sulla base delle simmetrie e delle evidenze sperimentali sulla diffusione nucleone-nucleone e sul deutone. - Comprendere la natura di scambio delle forze nucleari e l'approccio basato sui relativi operatori quantistici utilizzati nei potenziali. - Comprendere e descrivere i principali modelli riguardanti la struttura nucleare e il loro confronto con i risultati sperimentali, derivandone le relazioni fondamentali sulla base della fisica classica e quantistica. - Comprendere ed applicare i principi della meccanica quantistica, le approssimazioni e la tecnica delle funzioni di Green nell'ambito della teoria della diffusione elastica e delle collisioni complesse.		

- Comprendere e descrivere i processi che hanno luogo nelle collisioni tra ioni pesanti ed i principali modelli interpretativi. Partecipare attivamente ad un programma di ricerca in fisica nucleare sperimentale, applicando le proprie conoscenze alla progettazione e alla realizzazione di esperimenti, nonché all'analisi e all'interpretazione dei dati. Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È richiesta la conoscenza degli elementi di base di fisica nucleare e di meccanica quantistica. Propedeuticità in uscita: Nessuna Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale.
--

Insegnamento: FISICA NUCLEARE PER I BENI CULTURALI ED AMBIENTALI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS01, FIS04		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Metodologie necessarie allo studio della radioattività ambientale e la ricerca nel campo dell'archeometria e della diagnostica dei beni culturali, della modellistica ambientale.			
Obiettivi formativi: - Il corso intende fornire allo studente adeguata conoscenza e capacità di comprensione delle metodiche tipiche della fisica nucleare applicate allo studio dei fenomeni ambientali e ai beni culturali. - Lo studente verrà a conoscenza dei principi di base che regolano i fenomeni di interesse e come questi possano essere utilizzati ai fini delle applicazioni. - Lo studente saprà utilizzare le conoscenze acquisite per la comprensione e la gestione delle relative applicazioni con le principali tecniche diagnostiche. - Lo studente saprà comprendere e interpretare in maniera autonoma i risultati di misure sperimentali attuali pubblicati nella letteratura di riferimento. - Lo studente sarà in grado di ampliare le proprie conoscenze autonomamente con testi, articoli scientifici e ricerche nel campo delle metodologie della fisica nucleare applicata.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.			

Insegnamento: FISICA QUANTISTICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02		CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici.		
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà una solida comprensione dei principi della Fisica Quantistica e dei fenomeni fondamentali da essa descritti relativi alla struttura atomica, ai processi di diffusione di particelle, alla teoria del momento angolare, alle particelle identiche, alle hamiltoniane dipendenti dal tempo e alle equazioni d'onda relativistiche.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.		
Propedeuticità in uscita: Nessuna.		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.		

Insegnamento: FISICA SPERIMENTALE DEL MODELLO STANDARD		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/01		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso:		

Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali.	
Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze avanzate sulle basi sperimentali del Modello Standard della fisica subnucleare nonché sulla ricerca di sue possibili estensioni. Al termine del corso lo studente avrà acquisito: -conoscenze sulle tecniche sperimentali avanzate usate per studiare il Modello Standard; -conoscenza, comprensione e capacità di valutazione critica della letteratura specialistica recente e capacità di seguire autonomamente gli sviluppi della ricerca nel settore.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.	

Insegnamento: FISICA SPERIMENTALE DELLA GRAVITAZIONE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/01		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali.			
Obiettivi formativi: Favorire la comprensione degli esperimenti di fisica della gravitazione e la revisione critica dei risultati sperimentali in relazione alle attuali teorie. Al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Comprendere gli strumenti dell'indagine sperimentale nella gravitazione; - Comprendere i diversi approcci sperimentali per esplorare la validità delle diverse teorie alternative; - Applicare le metodologie di analisi dati caratteristiche di questo campo.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova scritta e orale.			

Insegnamento: FISICA TEORICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/02		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici.			
Obiettivi formativi: Il corso introduce lo studente allo studio sistematico delle interazioni fondamentali. Gli studenti impareranno ad utilizzare le nozioni di teoria quantistica dei campi e di teoria dei gruppi per descrivere i risultati degli esperimenti in fisica delle particelle. Saranno affrontati i temi al centro delle teorie più recenti che rappresentano la frontiera della nostra conoscenza del mondo fisico. Gli studenti acquisiranno gli strumenti atti, in principio, a costruire nuove teorie per descrivere la fenomenologia delle interazioni fondamentali.			
Propedeuticità in ingresso: Teoria Quantistica dei Campi I.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.			

Insegnamento: FONDAMENTI DI ELETTRONICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/01		CFU: 6	
Anno di corso: I, II		Tipologia di Attività Formativa: B, C	

Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per investigare i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni studiati, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni e alla trattazione dei dati sperimentali.	
Obiettivi formativi: Conoscenza di tutti gli elementi circuitali discreti di uso comune nelle moderne applicazioni. Ruolo dei corrispondenti elementi nell'ambito della microelettronica integrata. Approfondimento della teoria dei circuiti, dai principi fino alle analisi in frequenza e della stabilità. Capacità di valutazione di schemi circuitali analogici e di progettazione di circuiti, per il trattamento di segnali da sensori e rivelatori e per la predisposizione all'acquisizione dati digitale; particolare attenzione alle applicazioni nell'ambito dell'elettronica di "front end" di rivelatori in campo fisico. Comprensione dei fenomeni di rumore nell'elettronica di lettura.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Sono richieste conoscenze di elettronica di base quali i dispositivi e le reti lineari.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna. I contenuti del corso possono essere utili per gli insegnamenti di Laboratorio di Sistemi Digitali e di Sensori e Rivelatori.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale su argomenti svolti durante le lezioni frontali.	

Insegnamento: FONDAMENTI DI NANOMAGNETISMO ED APPLICAZIONI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/03		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale delle proprietà magnetiche di aggregati di dimensioni nanometriche. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori nonché della fotonica, dell'ottica e dell'optoelettronica.			
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire agli studenti le metodologie fondamentali per comprendere la risposta magnetica di un insieme di nanoparticelle magnetiche e di film sottili. • Partendo da una rassegna delle proprietà dei materiali dia-, para- e ferromagnetici, verrà approfondita la stabilità magnetica delle nanoparticelle magnetiche di diverse dimensioni, forme, struttura cristallina e composizione, così come il ruolo delle interazioni magnetiche intra-particellare ed interparticellare sul comportamento di un insieme di nanoparticelle. Infine, utilizzando queste conoscenze fondamentali, verranno presentate le possibilità di controllare le proprietà magnetiche delle particelle su scala nanometrica. • Verrà descritto il ruolo delle nanoparticelle magnetiche in alcune applicazioni mediche, di biosensing e ambientali: miglioramento del contrasto nell'imaging a risonanza magnetica (MRI), ipertermia magnetica per la terapia del cancro, somministrazione mirata di farmaci, immuno-sensori, separazione di contaminanti ambientali, bonifica del suolo e delle acque sotterranee. • Saranno presentate tecniche sperimentali per studiare le risposte magnetiche statiche, collettive e individuali di nanoparticelle super-paramagnetiche e di film sottili, comprese visite ai laboratori con la realizzazione di semplici esperienze legate ai contenuti del corso. Al termine, gli studenti avranno acquisito le competenze di base sulle principali tecniche sperimentali per affrontare problemi specifici riguardanti il nanomagnetismo.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale con discussione di un elaborato progettuale.			

Insegnamento: FOTONICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/03		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso:			

Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale della propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.	
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a fornire allo studente le competenze indispensabili per la comprensione del comportamento della luce attraverso materiali di diversa natura, predisponendolo all'utilizzo o alla progettazione dei dispositivi e sistemi per l'ottica guidata, per la generazione di radiazione (LED, laser), per la manipolazione dei fasci (modulatori di lunghezza d'onda, di polarizzazione e fronte d'onda), per la rivelazione delle proprietà della radiazione ottica, nonché interconnessioni per fibre e guide d'onda, filtri ottici e cristalli fotonici. La descrizione dei meccanismi di base e quella dei dispositivi suddetti sarà imperniata su rigorosi e consolidati metodi analitici e/o numerici. In particolare, al termine del corso, lo studente saprà: • Esaminare e descrivere i meccanismi di generazione, propagazione, manipolazione e rivelazione delle diverse proprietà della luce utilizzando le moderne tecniche attualmente disponibili in Fotonica; • Usare e progettare dispositivi fotonici rilevanti dal punto di vista concettuale e applicativo; • Rielaborare le proprie conoscenze di fotonica per risolvere problemi extra-manualistici al fine di soddisfare richieste di operatività "customizzate"; • Dimostrare il funzionamento dei dispositivi studiati, utilizzati e/o progettati mediante appropriati metodi di simulazione; • Illustrare i meccanismi di base ed il funzionamento dei dispositivi in oggetto.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale	

Insegnamento: GEOFISICA APPLICATA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: GEO/11		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Metodologie di misura e di acquisizione di dati per la determinazione delle caratteristiche fisiche del sottosuolo e delle metodologie per la modellizzazione, per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati.			
Obiettivi formativi: - Il corso mira a far acquisire un'adeguata conoscenza delle metodologie fisiche di indagine del sottosuolo, della teoria e degli esperimenti di prospezione geofisica, nonché delle tecniche di elaborazione e interpretazione dei dati. Si preparerà lo studente ad affrontare in maniera critica e autonoma studi più avanzati sull'argomento, oltre che ad elaborare semplici progetti di fattibilità per l'indagine geofisica. - Lo studente svilupperà le problematiche relative ai diversi metodi geofisici e dovrà discutere i dati geofisici in relazione ai diversi contesti applicativi e alle precipue caratteristiche dei metodi inerenti. - Lo studente elaborerà i dati correttamente e interpreterà i dati elaborati in chiave geologica, ambientale, ingegneristica, archeologica. - Lo studente valuterà autonomamente la correttezza dei metodi utilizzati e la qualità dei dati acquisiti in relazione agli obiettivi dello studio. Sarà in grado di esporre i risultati principali dell'analisi dati in forma di relazione scritta. - Lo studente sarà in grado di spiegare a non esperti i principi fisici alla base delle metodologie di indagine geofisica e di comunicare con linguaggio appropriato i principi base dei metodi geofisici e la loro applicazione, con limitazioni e eventuali estensioni, a casi specifici. - Lo studente amplierà le proprie conoscenze autonomamente con testi, articoli scientifici e ricerche e seguirà seminari specialistici, conferenze e master, nel campo delle metodologie e delle casistiche in ambito geofisico applicativo.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È richiesta una buona familiarità con i concetti e principii dei campi di potenziale, dell'elettromagnetismo e dell'ottica geometrica e una base di calcolo numerico (MATLAB) e algebra lineare			
Propedeuticità in uscita: Nessuna			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale.			

Insegnamento: INTRODUZIONE ALLA GRAVITÀ QUANTISTICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/02		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici. Ricerca nei campi dei fondamenti della fisica, della relatività speciale e generale e delle teorie relativistiche.			
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a far comprendere allo studente la struttura del problema della gravità quantistica e come diversi approcci al problema si relazionano a quella struttura. Lo studente avrà' anche modo di arricchire il proprio bagaglio di tecniche di fisica teorica, includendo quelle utilizzate nei primi passi dello sviluppo dell'approccio basato su non-commutativita' spaziotemporale, dell'approccio di teoria delle stringhe e dell'approccio della loop quantum gravity. Al termine del corso lo studente sarà in grado, ad esempio, di stabilire la presenza di anomalie in una teoria quantistica (anomalia di Weyl), di analizzare le simmetrie di un sistema quando descritte da algebra di Hopf; di lavorare nella versione della meccanica quantistica detta della Schroedinger functional picture.			
Propedeuticità in ingresso: Relatività Generale e Gravitazione; Teoria Quantistica dei Campi I.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.			

Insegnamento: INTRODUZIONE ALLA SISMOLOGIA VULCANICA E NON ORDINARIA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/06		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla definizione e al perfezionamento di metodologie fisiche e fisico-matematiche per lo studio della Terra solida.			
Obiettivi formativi: il corso intende fornire una introduzione fenomenologica e modellistica della sismicità vulcanica e non ordinaria. Questa sismicità mostra proprietà peculiari del campo d'onda e delle leggi di scala, anche per il riconosciuto ruolo attivo dei fluidi nella generazione, e non è efficacemente modellata con sorgenti di tipo doppia coppia. Nel corso verrà introdotta la sismicità vulcano-tettonica, Long-Period e Very Long Period, il tremore vulcanico e tettonico, gli eventi Low Frequency, la sismicità indotta. Verranno presentati i segnali sismici registrati nei diversi contesti, le loro caratteristiche nel dominio del tempo e della frequenza, i modelli fisici della sorgente, le proprietà statistiche enfatizzando il discostamento di questi aspetti da quelli propri della sismicità standard. Verranno anche presentati allo studente strumenti numerici per l'analisi della sismicità in oggetto. In particolare, alla fine del corso lo studente sarà in grado di: - Padroneggiare gli aspetti fondamentali della modellazione e dell'analisi di dati sismici di aree non tettoniche - Comprendere ed autonomamente sviluppare applicazioni delle tecniche studiate a casi reali.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Si richiede una conoscenza pregressa dei principi dell'analisi dei segnali e della programmazione.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale con discussione di un breve elaborato su uno degli argomenti del corso.			

Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/01		CFU: 9	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni fisici e alla trattazione dei dati sperimentali.			
Obiettivi formativi:			

Il corso è finalizzato a sviluppare l'attitudine dello studente alla descrizione ed alla misura dei fenomeni naturali, alla progettazione di apparati sperimentali e all'analisi dei risultati sperimentali basata su una rigorosa elaborazione statistico-numerica. Durante lo svolgimento del corso lo studente effettuerà due o più esperienze di laboratorio, consistenti nella determinazione di specifiche quantità fisiche. I dati prodotti saranno acquisiti ed analizzati al fine di produrre gli elaborati oggetto di discussione all'esame. Al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Approcciare problematiche di misura di grandezze fisiche collocando il problema sia nel contesto teorico delle conoscenze fisiche acquisite che nell'ambito delle moderne tecniche della Fisica sperimentale; - Progettare e realizzare esperimenti di Fisica rilevanti dal punto di vista metodologico e concettuale; - Rielaborare le proprie conoscenze di Fisica in situazioni sperimentali nuove; - Elaborare i dati raccolti mediante tecniche rigorose di elaborazione statistico-numerica; - Esporre i risultati principali dell'analisi dati in forma di relazione scritta.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale consistente nella discussione degli elaborati, relativi alle esperienze di laboratorio, e dei contenuti proposti nelle lezioni frontali.	

Insegnamento: LABORATORIO DI ASTROFISICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/05		CFU: 6	
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.			
Obiettivi formativi: L'obiettivo è portare gli studenti a progettare e condurre un semplice programma osservativo o sperimentale, inclusa l'acquisizione, la riduzione e l'analisi dei dati. Il programma del corso comprende: richiami di statistica avanzata, introduzione alle moderne tecnologie astronomiche (da terra e spaziali) e un'introduzione agli strumenti informatici di analisi dei dati astronomici. Il corso prevede una o più esperienze laboratoriali su argomenti diversi. In preparazione alla prova finale, gli studenti scriveranno una relazione sull'esperienza condotta.			
Propedeuticità in ingresso: Astrofisica.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale e discussione di un elaborato progettuale.			

Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA DELLE PARTICELLE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/01		CFU: 9
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali.		
Obiettivi formativi: Studio delle moderne tecniche sperimentali utilizzate in Fisica delle Particelle Elementari, con particolare riguardo all'utilizzo dei rivelatori di particelle per la misura delle grandezze fondamentali correlate alla loro rivelazione e identificazione. Acquisizione di capacità di gestione e caratterizzazione in laboratorio di sistemi di rivelazione, opportunamente equipaggiati con elettronica di lettura e di acquisizione dati in formato digitale.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale e discussione di un elaborato progettuale.		

Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA MEDICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/07		CFU: 6	
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: B		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze atte allo studio e allo sviluppo di metodologie fisiche (teoriche e sperimentali) necessarie sia alla descrizione e alla comprensione della materia vivente nel contesto medico, sia allo sviluppo e all'utilizzo della strumentazione necessaria al controllo e alla rivelazione di fenomeni fisici nell'ambito della prevenzione, diagnosi e cura. Le competenze riguardano anche la ricerca nel campo delle tecniche fisiche della diagnostica biomedica, nonché nel campo della radioprotezione dell'uomo, dell'ambiente e delle cose.			
Obiettivi formativi: Lo studente condurrà esperimenti ed esercitazioni concernenti applicazioni nel campo della fisica medica e fisica delle radiazioni. In particolare, le esercitazioni prevederanno l'utilizzo di strumentazione utilizzata nel campo dell'imaging biomedico con radiazioni ionizzanti e nel campo della misura e verifica della dose. Lo studente svolgerà le esercitazioni in piccoli gruppi ed affronterà le problematiche teoriche e pratiche incontrate nell'analizzare dati raccolti. Inoltre, verrà richiesta la stesura di un elaborato ed una presentazione volti a mostrare i metodi utilizzati ed i risultati conseguiti, con l'obiettivo di apprendere le metodiche per la presentazione dei risultati scientifici sia in forma scritta che orale.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.			

Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS01		CFU: 9	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie riguardo i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali.			
Obiettivi formativi: - Il corso intende fornire allo studente adeguata conoscenza e capacità di comprensione dell'uso della strumentazione tipica degli esperimenti di fisica nucleare. - Lo studente saprà utilizzare sistemi di acquisizione dati, sia analogici che digitali, e delle principali tecniche di analisi in uso nel campo della fisica nucleare delle basse energie. - Lo studente saprà utilizzare le conoscenze acquisite per la progettazione e la conduzione di esperimenti di fisica nucleare, di attività nel campo della sorveglianza ambientale, della radioprotezione, della fisica medica e della metrologia delle radiazioni ionizzanti. - Lo studente saprà interpretare autonomamente i risultati di esperimenti su tematiche di ricerca nel campo della Fisica Nucleare, valutarne l'appropriatezza delle metodiche e delle strumentazioni utilizzate, la qualità dei dati acquisiti e della relativa analisi.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È richiesta la conoscenza di base della fisica sperimentale e dell'elaborazione statistica dei dati. Conoscenza di base della fisica nucleare.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale e prova finale di laboratorio.			

Insegnamento: LABORATORIO DI OTTICA MODERNA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/01, FIS/03		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con la materia. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e			

molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.	
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà conoscenze sul funzionamento dei principali rivelatori di radiazione ottica, sulle principali tecniche spettroscopiche e di microscopia ottica, a campo prossimo (SNOM, STM, AFM) ed elettronica (SEM, TEM). Inoltre, gli saranno illustrati alcuni metodi spettroscopici risolti in tempo quali la spettroscopia THz e la misura di durate di impulsi ultracorti. Lo studente, a seconda del tipo di applicazione, avrà le conoscenze per la progettazione di esperimenti basati sull'uso di sorgenti laser ad elevata purezza spettrale o di breve durata temporale. Una parte dell'addestramento si svolgerà in laboratorio con l'implementazione di alcune tecniche di misure nel campo della fisica della materia.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.	

Insegnamento: LABORATORIO DI SISTEMI DIGITALI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/01		CFU: 9	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per investigare i principi di funzionamento della strumentazione elettronica atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni fisici e alla acquisizione dei dati sperimentali.			
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato all'apprendimento delle principali tecniche di analisi e sintesi di circuiti digitali per applicazioni in strumentazione di misura in esperimenti fisica. Il percorso formativo include lo studio dell'architettura di dispositivi <i>field programmable gate arrays</i> (FPGA), delle tecniche per l'implementazione in FPGA dei principali blocchi logici combinatori e sequenziali, con particolare riferimento agli automi a stati finiti e ai sistemi di trasmissione dei dati ad alta velocità. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - utilizzare linguaggi per la descrizione dell'hardware, sia per la sintesi che per la simulazione di circuiti digitali; - progettare sistemi digitali complessi in dispositivi FPGA per applicazioni in strumentazione di misura; - comprendere testi specializzati e articoli di ricerca nel settore.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Sono utili nozioni base di elettronica analogica (funzionamento del transistor MOSFET, linee di trasmissione) e digitale (tavole di verità di funzioni booleane, funzioni logiche elementari, flip-flop).			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale, consistente nella presentazione di una relazione sulle attività di progettazione e realizzazione di un sistema digitale in FPGA e nella discussione orale di argomenti svolti durante le lezioni frontali del corso.			

Insegnamento: MECCANICA DEL CONTINUO		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/06		CFU: 6	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla definizione e al perfezionamento di metodologie fisico-matematiche per lo studio della Terra solida e della Terra fluida.			
Obiettivi formativi: Il corso mira a fornire conoscenza e capacità di comprensione della teoria dell'elasticità e della fluidodinamica di base, e di come queste conoscenze possano essere applicate nel campo della geofisica per la modellazione del sistema Terra, sia solida che fluida. Il corso prevede una parte di esercitazione sia analitica che numerica per aumentare l'autonomia di giudizio dello studente nell'applicazione delle nozioni studiate a modelli e problemi di carattere geofisico. In particolare, alla fine del corso lo studente sarà in grado di: - Padroneggiare i concetti principali della teoria dell'elasticità e della fluidodinamica. - Comprendere ed autonomamente sviluppare applicazioni di tali concetti alla modellazione del sistema Terra. - Autonomamente sviluppare, anche se in forma semplice, soluzioni analitiche e numeriche ai problemi affrontati.			

Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Sono prerequisiti le conoscenze riguardo ai fondamenti di meccanica e termodinamica.
Propedeuticità in uscita: Nessuna. Tuttavia, le nozioni acquisite possono essere utili per i corsi di Fisica della Terra e dell'Atmosfera e Sismologia
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale, consistente nella presentazione di argomenti svolti durante le lezioni frontali del corso

Insegnamento: MECCANICA QUANTISTICA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02	CFU: 9
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici.	
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà una solida comprensione dei principi della teoria della diffusione in Meccanica Quantistica e dei moderni sviluppi legati al concetto di entanglement, tra cui la disuguaglianza di Bell, ed il teletrasporto quantistico. Ampio spazio viene anche riservato allo studio delle proprietà di invarianza e simmetria dei sistemi quantistici sotto rotazioni e traslazioni (teoremi di Wigner, di Wigner-Eckart, operatori tensoriali). Il corso comprende un'introduzione all'integrale sui cammini di Feynman.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: QCD perturbativa; Teoria dei gruppi e applicazioni; Teoria dell'informazione quantistica; Teoria Quantistica dei Campi I; Teoria quantistica della Misurazione.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.	

Insegnamento: MECCANICA QUANTISTICA DEI MOLTI CORPI	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/03	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: B
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.	
Obiettivi formativi: Il corso fornirà allo studente competenze sui principali strumenti di indagine di un sistema di particelle e campi interagenti in meccanica quantistica. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di utilizzare gli approcci e i metodi, sia esatti che approssimati, tipici della teoria quantistica dei sistemi interagenti per lo studio delle funzioni di Green, della funzione dielettrica, della suscettività magnetica, della conducibilità ottica, della superconduttività e della superfluidità. Lo studente sarà in grado di discutere gli approcci introdotti nel corso sia in modelli classici che quantistici, stabilendo appropriate connessioni fra differenti parti del programma. Lo studente dovrà dimostrare, nel corso del colloquio orale, di saper esporre in modo chiaro le conoscenze acquisite utilizzando in maniera appropriata il lessico della disciplina appresa.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.	

Insegnamento: MECCANICA STATISTICA I	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano.
SSD: FIS/02	CFU: 6
Anno di corso: I, II	Tipologia di Attività Formativa: B, C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso:	

Ricerca nel campo degli aspetti statistici dei sistemi fisici complessi.
Obiettivi formativi: Questo è un corso di Istituzioni di Meccanica Statistica che riguarda i fondamenti della Meccanica Statistica e le sue applicazioni, che spaziano dalla Fisica Teorica (p.es. entropia dei buchi neri), all'Astrofisica (p.es. radiazione di fondo), alla Fisica dello Stato Solido (p.es. condensazione di Bose-Einstein) fino alle soglie della teoria dei Sistemi Complessi. Sono discusse anche importanti applicazioni, per esempio, in Finanza.
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.

Insegnamento: MECCANICA STATISTICA II	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano.
SSD: FIS/02	CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Ricerca nel campo degli aspetti statistici dei sistemi fisici complessi.	
Obiettivi formativi: Questo è un corso di complementi di Meccanica Statistica focalizzato su temi avanzati che spaziano dalla Teoria Statistica dei Campi, ai processi dinamici e al caos, fino alla teoria della Criticalità Auto-organizzata. Sono discusse importanti applicazioni in Fisica Teorica e in Fisica della Materia Condensata.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Si richiedono conoscenze di fondamenti della Meccanica Statistica. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.	

Insegnamento: METODI DI APPRENDIMENTO AUTOMATICO PER LA FISICA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: INF/01	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze e ambiti di ricerca propri dell'informatica e della teoria dell'informazione, posti alla base dell'approccio informatico allo studio dei problemi, come pure ambiti applicativi e sperimentali relativi agli usi innovativi dell'informatica, quali l'elaborazione di immagini e suoni, il riconoscimento e la visione artificiale, le reti neurali, l'intelligenza artificiale e il soft computing.	
Obiettivi formativi: Il corso consentirà di conseguire conoscenze e capacità di comprensione nell'ambito dell'intelligenza artificiale e degli algoritmi di apprendimento automatico. Saranno trattate le principali aree dell'apprendimento automatico, come apprendimento supervisionato, non supervisionato e con rinforzo. Saranno inoltre fornite conoscenze di preelaborazione dei dati (selezione e estrazione delle caratteristiche, riduzione della dimensionalità, gestione di dati mancanti e di dati categorici) e conoscenze legate a tecniche di validazione dei modelli di apprendimento automatico. In tale contesto i discenti svilupperanno conoscenze e capacità applicate relative all'utilizzo del linguaggio Python, alla programmazione distribuita per l'implementazione di algoritmi di apprendimento automatico, nonché la capacità di valutare in maniera critica le prestazioni di algoritmi di apprendimento automatico, comunicare efficacemente informazioni relative a tale dominio di ricerca e apprendere nuove metodologie in maniera autonoma.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale ed elaborato progettuale.	

Insegnamento: METODI INVERSI	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/06	CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla definizione e al perfezionamento di metodologie fisico-matematiche per lo studio della	

Terra solida e della Terra fluida.
Obiettivi formativi: L'obiettivo principale del corso consiste nel favorire la conoscenza e la comprensione della filosofia e delle metodologie di risoluzione di problemi di stima di parametri ed inversi, con particolare attenzione ad alcune problematiche chiave quali l'incertezza, i problemi mal posti, la regolarizzazione, il bias e la risoluzione. La capacità di apprendimento degli aspetti teorici è sviluppata mediante esempi numerici in ambiente MATLAB. Al termine del corso lo studente sarà in grado di: - comprendere e rapportarsi ai problemi inversi; - implementare gli strumenti numerici adeguati alla risoluzione di casi-studio proposti; - aver maturato la capacità di interpretare e commentare criticamente i risultati ottenuti.
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. E' richiesta buona familiarità con i concetti principali dell'algebra lineare, delle equazioni differenziali, del calcolo vettoriale e di probabilità e statistica. Sono inoltre utili nozioni di calcolo numerico.
Propedeuticità in uscita: Nessuna. Le nozioni acquisite possono essere utili per il corso di Sismologia.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame consiste nella presentazione e discussione di uno o più esercizi assegnati durante il corso e in un colloquio orale sugli argomenti trattati. Lo studente dovrebbe essere in grado di dimostrare di aver acquisito conoscenze e competenze nell'affrontare in autonomia e con spirito critico l'inversione di dati sperimentali, con particolare attenzione ad aspetti fondamentali quali l'incertezza, la regolarizzazione e la risoluzione della soluzione.

Insegnamento: METODI MATEMATICI PER LA GEOFISICA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali.	
Obiettivi formativi: il corso ha lo scopo di fornire allo studente la conoscenza e la capacità di comprensione delle soluzioni di problemi di interesse geofisico (per es. elasticità, propagazione delle onde e del calore) e delle tecniche numeriche necessarie per la loro soluzione. In particolare, alla fine del corso lo studente sarà in grado di: - Padroneggiare le caratteristiche delle equazioni fondamentali della geofisica; - Autonomamente sviluppare applicazioni delle loro soluzioni analitiche e numeriche.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È richiesta la conoscenza pregressa di elementi di programmazione.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale su argomenti del corso con la discussione di un esercizio assegnato.	

Insegnamento: METODI NUMERICI DELLA FISICA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02	CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali.	
Obiettivi formativi: Il corso avvia lo studente all'utilizzo degli algoritmi per il calcolo numerico impiegati nella risoluzione di problemi complessi in Fisica. Lo studente, inoltre, approfondirà le sue capacità di analisi del condizionamento dei problemi e della stabilità degli algoritmi. Gli argomenti del corso vanno dall'algebra lineare ai problemi di ottimizzazione, dall'integrazione numerica ai metodi Monte Carlo, e alla risoluzione di equazioni differenziali ordinarie e alle derivate parziali.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.	

Insegnamento: METODI PER LA RICERCA IN DIDATTICA DELLA FISICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/08		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio e allo sviluppo delle metodiche didattiche e di trasferimento dei concetti fondamentali e delle conoscenze della fisica.			
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a far acquisire ai discenti una conoscenza approfondita e rigorosa dei metodi statistici utilizzati in ricerca della didattica della fisica. Apprenderà i diversi tipi di strumenti di indagine in ambito didattico (scale Likert, <i>concept inventory</i> , etc.). Apprenderà o approfondirà l'utilizzo dei più comuni software di analisi dati in ambito educativo e sociologico come, ad esempio: IBM SPSS, IBM AMOS, SPAD, Process, Jamovi, Winsteps. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Scegliere in autonomia il tipo di strumento di indagine più adatto per rispondere a delle domande di ricerca; - Scegliere autonomamente il tipo di analisi dati più opportuno per analizzare i dati raccolti con gli strumenti di indagine; - Elaborare e organizzare autonomamente i dati raccolti mediante tecniche quantitative e qualitative; - Esporre i risultati in forma di articolo di ricerca.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Possono essere utili conoscenze elementari di statistica acquisite nei corsi di laboratorio.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Preparazione e discussione di un elaborato progettuale.			

Insegnamento: METODI SPERIMENTALI PER LE NANOTECNOLOGIE E LA MATERIA CONDENSATA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/03		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.			
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a sviluppare la sensibilità scientifica dello studente all'ideazione e realizzazione di esperimenti di avanguardia in Fisica della Materia Condensata ed in particolare nei settori delle Tecnologie Quantistiche (QT) e delle Nanotecnologie (N). Si accompagna un percorso formativo su tematiche ed esperimenti che utilizzano concetti di meccanica quantistica e tecnologie di avanguardia per l'ideazione, la realizzazione e la caratterizzazione di dispositivi quantistici e/o nanostrutturati per la computazione quantistica e per un'ampia gamma di applicazioni. A tale scopo è impostato il problema del trasporto in generale nei sistemi a stato solido con attenzione agli effetti quantistici. Sono considerati i sistemi mesoscopici e nanostrutturati e i sistemi superconduttivi. Le giunzioni Josephson sono le cellule vitali dei qubit. La prospettiva è di capire come un circuito superconduttivo intercetti le esigenze del calcolo quantistico e di una sensoristica iper-raffinata, grazie alla sua coerenza macroscopica. In tali dispositivi la meccanica quantistica non è solo la chiave per interpretare la natura ma diventa il principio attivo per la costruzione di nuove "macchine". Il corso è completato da tre blocchi di laboratorio, tesi a realizzare una nanostruttura, a misurarne le sue proprietà di trasporto in condizioni di basso rumore e a misurare le proprietà di una giunzione Josephson o di un qubit superconduttivo. Al termine del corso lo studente sarà in grado di: – Seguire l'ideazione, design, realizzazione di esperimenti di frontiera con relativa fase di misura (in Fisica dello Stato Solido, QT e N) e rielaborare le proprie conoscenze di fisica in situazioni sperimentali nuove. – Partecipare ad esperienze di laboratorio, che prevedono analisi dati, fase di simulazione o controllo della misura con sviluppo di programmi elementari in linguaggio LABview, Matlab, Phyton o Mathematica.			

Propedeuticità in ingresso: Nessuna.
Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale con discussione di un elaborato.

Insegnamento: METODOLOGIE PER L'ANALISI DELLE IMMAGINI	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/07	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze atte allo studio e allo sviluppo di metodologie fisiche (teoriche e sperimentali) necessarie sia alla descrizione e alla comprensione della materia vivente in particolare nel contesto medico, sia allo sviluppo e all'utilizzo degli strumenti necessari (sistemi informativi) nell'ambito della prevenzione, diagnosi e cura. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nel campo dell'analisi delle immagini nel campo della radioprotezione dell'uomo, dell'ambiente e delle cose.	
Obiettivi formativi: L'insegnamento è finalizzato a fornire agli studenti le conoscenze sui fondamenti dell'elaborazione digitale delle immagini e dovrà dimostrare l'acquisita capacità di applicare tali conoscenze all'analisi delle immagini in ambito medico e clinico, attraverso l'utilizzo di software applicativo utilizzato in ambito scientifico. Inoltre, acquisirà conoscenze di base sui principali formati di immagini e sui sistemi informativi per la gestione e trasmissione delle immagini in ambito medico, e sui parametri utilizzati nell'analisi della qualità delle immagini e dei sistemi di imaging medico.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale	

Insegnamento: MISURE NUCLEARI	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS01, FIS04	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali atte al controllo e alla rivelazione dei fenomeni radioattivi, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni e alle relative applicazioni.	
Obiettivi formativi: - Lo studente sarà a conoscenza dei principi di base del decadimento radioattivo e della produzione di radiazione ionizzante naturale e artificiale, dei suoi effetti, della dosimetria e delle tecniche usate per la rivelazione delle radiazioni ionizzanti. - Saprà applicare le conoscenze della radioattività e dell'interazione radiazione-materia per progettare esperimenti per la determinazione delle proprietà della materia su scala atomica e nucleare con le principali tecniche diagnostiche. - Sarà in grado di comprendere e interpretare in maniera autonoma i risultati di misure sperimentali attuali pubblicati nella letteratura di riferimento. - Saprà descrivere con linguaggio appropriato i principi, le tecniche e i risultati della misura delle radiazioni ionizzanti e della loro interazione con la materia a scale atomiche e nucleari per la ricerca di base, in dosimetria e radioprotezione, nella fisica applicata.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale con discussione di un articolo di letteratura recente.	

Insegnamento: MODELLAZIONE COMPUTAZIONALE DEI MATERIALI	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/03	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso:	

Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.	
Obiettivi formativi: Il corso fornisce un'introduzione ai moderni metodi computazionali impiegati per la modellizzazione "da principi primi" delle proprietà dei materiali. In particolare, verranno approfonditi: • approcci ab-initio basati sulla teoria del funzionale densità (DFT) per lo studio e la predizione della struttura elettronica dei materiali; • limiti della DFT, sue estensioni e recenti "miglioramenti" nel contesto della descrizione dell'interazione di van der Waals; • metodi per il calcolo, con elevata accuratezza, delle proprietà elettroniche e strutturali dello stato fondamentale di un sistema fisico, in particolare il quantum Monte Carlo; • approcci numerici meno accurati del DFT ma computazionalmente meno dispendiosi, basati sull'utilizzo di potenziali semiempirici, o anche potenziali ottenuti da tecniche "machine learning" a partire da approcci basati su DFT. Nel corso saranno previste delle esercitazioni al computer, con le quali gli studenti avranno l'opportunità di consolidare e mettere in pratica le conoscenze acquisite su sistemi reali e di interesse fisico e tecnologico.	
Propedeuticità in ingresso: Fisica dello Stato Solido I.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.	

Insegnamento: MODELLIZZAZIONE DEI SISTEMI BIOLOGICI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/02		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici.			
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato alla comprensione del processo di modellizzazione e delle sue applicazioni all'ambito biologico, nonché alla risoluzione di modelli specifici, sia analiticamente (laddove possibile) che mediante simulazioni numeriche.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.			

Insegnamento: Ottica ed Informazione Quantistica		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/03		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.			
Obiettivi formativi: Saper formulare previsioni teoriche quantitative e comprendere risultati sperimentali relativi a processi fotonici o di interazione radiazione-materia, anche in relazione alle realizzazioni ottiche di protocolli di informazione quantistica. Saper descrivere in maniera dettagliata i processi di misura in ottica quantistica nel formalismo degli operatori e delle matrici densità. Saper utilizzare strumenti propri della meccanica quantistica quali matrice densità, funzioni di quasi-distribuzione e			

Master Equation, per descrivere sistemi ottici di interesse per l'informazione quantistica. Conoscere i principi dell'informazione quantistica e gli elementi costitutivi dei protocolli di informazione con particolare riguardo agli stati quantistici, alla loro descrizione ed alla loro evoluzione a partire dalle tecniche per la loro generazione fino alla rivelazione all'interno del protocollo.
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.
Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.

Insegnamento: OTTICA MODERNA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/03	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.	
Obiettivi formativi: Il corso fornisce gli strumenti per approfondire i concetti classici alla base della propagazione della luce e della sua interazione con la materia. In maggior dettaglio, si studieranno fenomeni quali la diffrazione e la polarizzazione della luce e il concetto di coerenza spaziale e temporale. Si descriveranno, inoltre, sia la propagazione della luce nei mezzi anisotropi che alcuni basilari fenomeni di ottica non-lineare. Sarà descritto il principio funzionamento del laser e il ruolo delle cavità ottiche nella determinazione delle proprietà dei fasci luminosi. Infine, si accennerà alla quantizzazione del campo elettromagnetico e al concetto di fotone.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.	

Insegnamento: PLANETOLOGIA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/05	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio sia teorico sia osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.	
Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di introdurre gli studenti allo studio dei pianeti. Nel corso, verranno discussi la formazione, l'evoluzione e la struttura del Sistema solare e dei sistemi planetari in generale. Successivamente, verranno studiati i principali metodi per la ricerca e lo studio dei pianeti extrasolari, con particolare enfasi sullo studio delle atmosfere extraplanetarie. Il corso prevede anche un'introduzione ai temi dell'astrobiologia, ossia lo studio delle condizioni astrofisiche favorevoli alla formazione ed evoluzione della vita. Saranno infine discussi i principali progetti osservativi in corso e futuri in questo campo di ricerca. L'obiettivo del corso è permettere allo studente di acquisire solide basi fisiche per lo studio di problemi di ricerca avanzati nel campo dell'esoplanetologia e dell'astrobiologia.	
Propedeuticità in ingresso: Astrofisica.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame scritto e orale.	

Insegnamento: PROGETTAZIONE DIDATTICA PER LA FISICA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/08	CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: B

Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie al trasferimento dei concetti fondamentali e delle conoscenze della fisica.	
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a far acquisire agli studenti competenze nella micro e macro-progettazione didattica, finalizzata a promuovere l'apprendimento della fisica a livello di scuola secondaria superiore. Il corso promuove inoltre l'acquisizione di competenze nell'osservazione, documentazione, verifica e valutazione di processo, di prodotto e di contesto tra loro correlate e interconnesse, finalizzate al miglioramento degli apprendimenti e al successo formativo degli studenti. Alla fine del corso gli studenti avranno acquisito padronanza in relazione alla: - progettazione didattica, anche per unità di apprendimento, e di flessibilità; organizzativa e gestionale dei gruppi classe/interclasse anche per gruppi di livello, di compito ed elettivi tali da favorire la personalizzazione e la valorizzazione dei talenti di ciascuno, lo sviluppo delle competenze trasversali, linguistico-comunicative e di apprendimenti significativi, critici e consapevoli per tutti gli studenti; - conoscenza delle linee guida/indicazioni nazionali e la correlazione con i saperi disciplinari e l'eventuale curriculum di istituto, con riferimento agli obiettivi di apprendimento, ai traguardi di competenza ovvero ai risultati di apprendimento previsti dagli ordinamenti didattici vigenti; - correlazione con il Profilo Educativo Culturale e Professionale (PECUP) proprio dei distinti indirizzi di studio; - promozione delle otto competenze chiave europee per l'apprendimento permanente; modulazione del percorso didattico secondo una suddivisione programmata e graduale dei contenuti, predisponendo strumenti adeguati ai diversi livelli di abilità e ai diversi stili cognitivi degli alunni.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame scritto incentrato sulla progettazione, anche mediante tecnologie digitali multimediali, di un'attività didattica innovativa, comprensiva dell'illustrazione delle scelte contenutistiche, didattiche e metodologiche compiute.	

Insegnamento: QCD PERTURBATIVA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/02		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici.			
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a sviluppare le conoscenze dello studente sulle caratteristiche di un calcolo perturbativo di cromodinamica quantistica in funzione del suo contenuto radiativo. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Interpretare i risultati della cromodinamica perturbativa e valutare i limiti delle approssimazioni utilizzate per ottenerli. - Collegare il contenuto radiativo del calcolo perturbativo con gli aspetti fenomenologici che evidenziano effetti cromodinamici. - Progettare/Utilizzare generatori di codice, di programmi Monte Carlo a ordine fissato e generatori di eventi.			
Propedeuticità in ingresso: Meccanica Quantistica; Teoria Quantistica dei Campi I. Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame scritto e orale con discussione di un elaborato progettuale.			

Insegnamento: RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/07		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze atte allo studio e allo sviluppo di metodologie fisiche (teoriche e sperimentali) necessarie sia alla descrizione e alla comprensione della radioattività ambientale, sia all'utilizzo della strumentazione per il controllo e la rivelazione di fenomeni fisici interessati. Le competenze riguardano anche la radioprotezione dell'uomo e			

dell'ambiente.
Obiettivi formativi: L'insegnamento è finalizzato a fornire agli studenti le conoscenze basilari ed avanzate sulla radioattività e le implicazioni in campo ambientale. I seguenti argomenti verranno trattati: processo del decadimento radioattivo; effetti nella materia attraversata da radiazioni ionizzanti; effetto delle radiazioni sull'uomo; sorgenti di radiazioni ionizzanti nell'ambiente, sia di origine naturale che artificiale; modalità di produzione di isotopi radioattivi artificiali; contaminazione ambientale nel suolo, in acqua ed in aria; sistemi di monitoraggio della radioattività ambientale; tecniche utilizzate per la rivelazione delle radiazioni ionizzanti; nozioni di radioprotezione. L'insegnamento prevedrà lezioni frontali alternate con varie esperienze di laboratorio su alcuni argomenti trattati, nel particolare: dosimetria a termoluminescenza, spettrometria alfa (α) e gamma (γ), e misure passive ed attive di gas radon (^{222}Rn , ^{220}Rn) indoor e outdoor. Tale attività laboratoriale avrà il doppio scopo di approfondimento sperimentale, e di migliorare le capacità nell'analisi dati e nel trattamento delle incertezze di misura. Le conoscenze acquisite in questo corso permetteranno agli studenti di: (i) avere una più completa visione del fenomeno della radioattività e delle sue applicazioni; (ii) comprendere in maniera autonoma nuovi risultati di ricerca sperimentale basati sui principi della radioattività ambientale; (iii) comunicare gli argomenti di una branca della fisica in continua evoluzione, con padronanza.
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione delle relazioni laboratoriali.

Insegnamento: REAZIONI NUCLEARI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS04		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio, da un punto di vista sia teorico sia sperimentale, dei fenomeni nucleari, e le relative metodologie di indagine spettroscopica.			
Obiettivi formativi: - Lo studente acquisirà le conoscenze relative ai meccanismi che governano le reazioni nucleari e i modelli utilizzati per descriverle e indagare la struttura dei nuclei atomici, nonché la produzione di nuclei non presenti in natura, così come quelli presenti in altri ambienti come quello astrofisico o per scopi applicativi. - Lo studente sarà in grado di comprendere i meccanismi di reazione in termini di leggi di conservazione, osservabili e metodi di rivelazione. - Lo studente saprà utilizzare le conoscenze acquisite per la progettazione e la conduzione di esperimenti per determinare proprietà dei nuclei e degli stati che li caratterizzano. - Lo studente sarà in grado di spiegare, anche a non esperti, con linguaggio appropriato i principi fisici alla base delle metodologie di indagine nucleare e la loro applicazione.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È richiesta sia una solida preparazione in fisica classica, sia una buona conoscenza dei fondamenti della meccanica quantistica e della fisica moderna.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Preparazione di elaborato su un argomento assegnato dal docente e prova orale.			

Insegnamento: RELATIVITÀ GENERALE E GRAVITAZIONE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/02		CFU: 6	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici. Ricerca nei campi della relatività speciale e generale e delle teorie relativistiche.			
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato ad introdurre lo studente alla Relatività Generale, comprendendone la struttura concettuale ed acquisendo le tecniche necessarie per l'analisi dei principali effetti della teoria. Al termine del corso lo studente sarà			

in grado di utilizzare la soluzione di Schwarzschild per la descrizione di sistemi planetari; di stabilire se una geometria è affetta da singolarità, di individuare una soluzione cosmologica quando è noto il tensore energia-impulso di radiazione e materia; di stabilire se uno spaziotempo è massimamente simmetrico; di modellizzare semplici meccanismi di produzione di onde gravitazionali.
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.
Propedeuticità in uscita: Fisica Astroparticellare Teorica; Introduzione alla Gravità Quantistica; Teoria delle Stringhe.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.

Insegnamento: SENSORI, RIVELATORI ED ELETTRONICA ASSOCIATA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/01		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali.			
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a sviluppare l'attitudine ad analizzare e a progettare apparati di misura, inclusa l'elettronica, analogica e digitale, necessaria per il trattamento segnali. In particolare, al termine del corso, lo studente sarà in grado di: – Conoscere alcune tra le più recenti tipologie di sensori e di rivelatori; – Approfondire alcuni aspetti della fisica alla base del funzionamento dei sensori e dei rivelatori e della formazione del segnale; – Analizzare la dinamica dei segnali attraverso il metodo della trasformata di Laplace anche con l'utilizzo di programmi di calcolo numerico; – Apprendere alcune tecniche di trattamento dei segnali analogici; – Consolidare ed approfondire alcuni aspetti dell'elettronica digitale; – - Analizzare e progettare con metodo critico alcuni apparati di misura.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale e discussione di un elaborato progettuale.			

Insegnamento: SISMOLOGIA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/06		CFU: 9	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: B	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla definizione e al perfezionamento di metodologie fisiche e fisico-matematiche per lo studio della Terra solida.			
Obiettivi formativi: il corso ha lo scopo di fornire allo studente la conoscenza e la capacità di comprensione delle basi teorico-sperimentali e degli strumenti numerici per l'analisi dei sismogrammi e dei segnali simici in generale. Il corso fornirà la capacità di apprendimento della simulazione di segnali simici generati da sorgenti estese in mezzi eterogenei. Nella parte esercitativa lo studente svilupperà le conoscenze e le capacità di comprensione applicate all'analisi di segnali sismici ed alla loro modellazione che si possono acquisire in un moderno laboratorio di sismologia. In particolare, alla fine del corso lo studente sarà in grado di: - Padroneggiare i concetti principali della teoria della generazione e propagazione di segnali sismici; - Comprendere ed autonomamente sviluppare applicazioni di tali concetti all'analisi di segnali simici generati da sorgenti estese in mezzi complessi; - Autonomamente sviluppare semplici simulazioni di sismogrammi.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È richiesta una buona familiarità con i concetti e principi dell'Algebra Lineare, Equazioni differenziali, Calcolo Vettoriale, teoria di Fourier, analisi dei segnali, teoria dell'elasticità, Probabilità e Statistica.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale, consistente nella presentazione di			

argomenti svolti durante le lezioni frontali del corso e discussione di un breve elaborato progettuale.

Insegnamento: SISMOLOGIA DEI BIG DATA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/06		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla definizione e al perfezionamento di metodologie fisiche e fisico-matematiche per lo studio della Terra solida			
Obiettivi formativi: il corso ha lo scopo di fornire allo studente la conoscenza e la capacità di comprensione degli strumenti informatici per l'analisi, la modellazione e la visualizzazione di grandi insiemi di dati provenienti da osservazioni sulla superficie terrestre. Saranno quindi trattati ed applicati nella parte esercitativa i metodi di <i>machine learning</i> , <i>deep learning</i> , <i>mixed effects regression</i> per l'analisi di grandi quantità di dati e la stima informazioni circa, tra gli altri, le sorgenti sismiche, i modelli predittivi del moto del suolo, le caratteristiche temporali e spaziali del rumore sismico ambientale. In particolare, alla fine del corso lo studente sarà in grado di: - Padroneggiare i concetti principali della analisi, rappresentazione e modellazione di grandi insiemi di dati geofisici; - Comprendere ed autonomamente sviluppare applicazioni delle tecniche studiate a casi reali.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Si richiede tuttavia una conoscenza dei concetti base dell'analisi del segnale e della programmazione.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale, consistente nella presentazione di argomenti svolti durante le lezioni frontali del corso e nella discussione di un breve progetto sperimentale sull'analisi di dati sismici.			

Insegnamento: SISTEMI APERTI QUANTISTICI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/03		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.			
Obiettivi formativi: Sistemi chiusi sono un'idealizzazione della realtà. Lo studio delle interazioni con l'ambiente esterno sono essenziali per la descrizione di esperimenti reali. Il corso fornirà informazioni su: i) Probabilità Quantistica e Matrice Densità (stati puri e misti); ii) Master Equations; iii) Sistemi Markoviani ed Evoluzione Lindbladiana; iv) Mappe di Kraus; v) Cenni di Dinamiche non Markoviane; vi) Integrali sui cammini di Feynman ed applicazioni a sistema-ambiente (tempo reale ed immaginario); vii) Funzionale di Feynman-Vernon; viii) Polaroni; ix) Modello di Caldeira-Legget e tunneling quantistico macroscopico; x) Problema dello Spin-Boson; xi) Sistemi dissipativi a molti corpi, cenni di teoria di Keldysh per sistemi dissipativi fuori dall'equilibrio; xii) Applicazioni in Informazione Quantistica.			
Propedeuticità in ingresso: Meccanica Quantistica. Si richiedono conoscenze di Meccanica Statistica. Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale			

Insegnamento: SISTEMI COMPLESSI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano.	
SSD: FIS/02		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze nel campo degli aspetti statistici dei sistemi fisici complessi.			

Obiettivi formativi: Questo è un corso avanzato di Meccanica Statistica sulla Teoria dei Sistemi Complessi in Fisica. Gli argomenti del corso includono: la teoria delle variabili casuali e dei processi stocastici; la meccanica statistica di equilibrio e fuori equilibrio; la teoria delle transizioni di fase, dei fenomeni critici e dei comportamenti collettivi emergenti; le tecniche del gruppo di rinormalizzazione e il concetto di "universalità"; Spin Glasses; la teoria dei network; le tecniche di simulazioni al computer (Monte Carlo e <i>Simulated Annealing</i>). Sono discusse importanti applicazioni in Fisica, in Biologia Quantitativa e Finanza Quantitativa, per evidenziare il legame col mercato del lavoro internazionale nell'ambito della ricerca e del business.
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Si richiedono conoscenze di Meccanica Statistica.
Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.

Insegnamento: SPETTROSCOPIA OTTICA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/03	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.	
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a sviluppare l'acquisizione di conoscenze teorico-pratiche nell'osservazione sperimentale dei fenomeni naturali mediante le principali tecniche della spettroscopia ottica moderna. Al termine del corso lo studente sarà in grado di: • Esaminare e descrivere i fenomeni fondamentali di interazione radiazione-materia e i processi correlati sui quali si basano le moderne tecniche sperimentali della spettroscopia ottica; • Comprendere e progettare apparati ed esperimenti per l'analisi fisica dei fenomeni mediante tecniche di spettroscopia ottica, con misure sia in regime "steady-state" che risolte in tempo; • Analizzare e comprendere i risultati di esperimenti di spettroscopia ottica e i meccanismi fisici coinvolti con esempi relativi a svariati campi di applicazione (analisi di materiali, diagnostica, sensori, etc.).	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.	

Insegnamento: STORIA DELL'ASTRONOMIA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/05	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio sia teorico sia osservativo dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica.	
Obiettivi formativi: L'insegnamento intende presentare agli studenti l'evoluzione storica che ha caratterizzato il progresso dell'astronomia dai suoi primi sviluppi nelle civiltà antiche fino alla nascita delle moderne astrofisica e cosmologia, con particolare enfasi sulle rivoluzioni scientifiche ellenistica e moderne e il passaggio dalla concezione geocentrica a quella eliocentrica. Obiettivo del corso è portare gli studenti ad essere in grado di condurre ricerche autonome su argomenti storici relativi all'astronomia.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.	

Insegnamento: STORIA DELLA FISICA CLASSICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/08		CFU: 6	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio della storia della fisica a partire dalle origini delle idee fisiche. Si discuteranno anche le problematiche storiche connesse con i fondamenti della fisica classica.			
Obiettivi formativi: La finalità generale del corso è quella di aiutare a ripensare criticamente, attraverso percorsi storici, gli aspetti fondamentali della fisica classica appresa durante i corsi universitari, approfondendo le inter-relazioni tra le diverse e successive interpretazioni dei fenomeni fisici e dei modelli impiegati per descriverli. Gli obiettivi cognitivi che si vogliono raggiungere sono le conoscenze storico-critiche di alcune tematiche fisiche studiate dal punto di vista positivo e curricolare. Le competenze da acquisire riguardano la strutturazione di un quadro storico dell'evoluzione della scienza fisica dal XVI al XIX secolo. Il corso intende inoltre fornire lo studente dei metodi di indirizzo della Storia della Fisica necessari alla comprensione delle modalità della ricerca nel settore. Lo studente sarà guidato nell'applicazione delle proprie conoscenze, parteciperà ad attività (visite al Museo di Fisica dell'Ateneo, ricostruzioni illustrative di esperimenti storici) per acquisire familiarità con le metodologie esposte.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È richiesto di padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica e del corso di Elettromagnetismo.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale.			

Insegnamento: STORIA DELLA FISICA MODERNA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/08		CFU: 6	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio della storia della fisica a partire dalle origini delle idee fisiche. Si discuteranno anche le problematiche storiche connesse con i fondamenti della fisica moderna			
Obiettivi formativi: La finalità del corso è quella di integrare criticamente, attraverso percorsi storici, aspetti fondamentali della fisica del XX secolo con le indicazioni relative all'analisi storica. Gli obiettivi cognitivi che si vogliono raggiungere attengono alla conoscenza storico-critica di alcuni momenti della fisica moderna, attraverso la disamina di casi studio, con particolare attenzione agli aspetti concettuali, al ruolo della strumentazione e al contesto socioculturale delle ricerche fisiche. Le competenze da acquisire riguardano la collocazione di temi specialistici, già affrontati dallo studente nei propri studi, all'interno di un quadro di riferimento storiografico. Il corso intende inoltre fornire competenze di ricerca in Storia della Fisica, con particolare riferimento al problema delle fonti storiche, della loro individuazione e della loro valutazione critica. Lo studente sarà guidato nell'applicazione delle proprie conoscenze, parteciperà ad attività (visite al Museo di Fisica dell'Ateneo, ecc.) per acquisire familiarità con le metodologie esposte.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È richiesto di padroneggiare i contenuti dei corsi di: Meccanica e Termodinamica; Elettromagnetismo; Istituzioni di Fisica Quantistica; Fisica Moderna. Conoscere i principali contenuti del corso di Fisica Quantistica.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale.			

Insegnamento: TECNICHE DI ACCELERAZIONE DEI FASCI DI PARTICELLE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/01, FIS/03		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.			

Obiettivi formativi: Il corso mira a fornire una conoscenza delle moderne tecniche sperimentali di accelerazione dei fasci di particelle con particolare riguardo al ruolo dello stato di plasma in tale contesto. Alla fine del corso lo studente sarà in grado di - descrivere i principali processi fisici fondamentali che regolano lo stato di plasma; - comprendere la fisica degli acceleratori di particelle a gradienti ultra-intensi - comprendere il ruolo del plasma anche in altri aspetti, come ad esempio la fisica della fusione termonucleare controllata.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.	

Insegnamento: TECNICHE SPERIMENTALI IN FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/01		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali.		
Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze e capacità di comprensione sulle più avanzate tecniche sperimentali utilizzate in fisica delle particelle elementari per studiare i costituenti fondamentali della materia e le loro interazioni. Al termine del corso lo studente avrà acquisito: – conoscenza delle grandezze fisiche effettivamente misurate per studiare le particelle elementari e caratterizzarne le interazioni e delle relative tecniche di ricostruzione/elaborazione a partire dai dati raccolti; – conoscenza e comprensione della struttura dei complessi apparati sperimentali necessari per realizzare tali misure; – comprensione e capacità di valutazione critica della letteratura sperimentale più recente nel campo della fisica delle interazioni fondamentali		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna Propedeuticità in uscita: Nessuna.		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.		

Insegnamento: TECNOLOGIE DIDATTICHE PER LA FISICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/08		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie al trasferimento dei concetti fondamentali e delle conoscenze della fisica		
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a far acquisire agli studenti competenze che riguardano la capacità di: promuovere l'educazione ai media, utilizzare le tecnologie digitali per la comunicazione organizzativa, la collaborazione e la crescita professionale; individuare, valutare e selezionare le risorse digitali utili per la didattica, tenendo in giusta considerazione - anche nella fase di progettazione - gli obiettivi specifici di apprendimento, il contesto d'uso, e i bisogni degli studenti che ne fruiranno; utilizzare le tecnologie digitali per favorire una maggiore inclusione, personalizzazione e coinvolgimento attivo degli studenti; aiutare gli studenti ad utilizzare in modo creativo e responsabile le tecnologie digitali per attività riguardanti l'informazione, la comunicazione, la creazione di contenuti, il benessere personale e la risoluzione dei problemi; avvalersi delle tecnologie digitali per sostenere i processi di apprendimento autoregolato (pianificazione, monitoraggio, riflessione metacognitiva); adoperare strumenti e strategie digitali per migliorare le pratiche di valutazione. Al termine del corso lo studente dovrà mostrare: la capacità di integrare le tecnologie dell'informazione e della comunicazione all'interno dell'attività; la capacità di trasformare, anche con l'utilizzo di strumenti e didattica digitale, in presenza e a distanza, l'insegnamento in apprendimento significativo e critico da parte dello studente		

Propedeuticità in ingresso: Nessuna.
Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame scritto incentrato sulla progettazione, anche mediante tecnologie digitali multimediali, di un'attività didattica innovativa, comprensiva dell'illustrazione delle scelte contenutistiche, didattiche e metodologiche compiute.

Insegnamento: TECNOLOGIE QUANTISTICHE SUPERCONDUTTIVE	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/03	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.	
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato ad approfondire aspetti sia sulla computazione che sulla comunicazione quantistica. Si intende proporre un percorso sperimentale con il quale lo studente comprende ed applica concetti di scienza dell'informazione quantistica a reali dispositivi. Lo studente sarà in grado di progettare e realizzare un dispositivo quantistico o realizzare una misura su qubit superconduttivo. A tale scopo saranno utilizzati programmi con software Phyton, per esempio per la programmazione della sequenza di controllo di un qubit e lo studio di un risonatore.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Colloquio orale.	

Insegnamento: TEORIA CLASSICA DEI CAMPI	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici. Ricerca nei campi dei fondamenti della fisica, dei sistemi dinamici, della relatività speciale e generale e delle teorie relativistiche.	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire gli strumenti teorico-matematici di base per affrontare la moderna teoria dei campi, con particolare riguardo alle teorie di gauge delle interazioni fondamentali e alla relatività generale. Al termine del corso lo studente sarà in grado di: – Comprendere e utilizzare il formalismo geometrico della teoria dei campi; – Rielaborare le proprie conoscenze di elettrodinamica e relatività in un approccio unificato alle interazioni fondamentali; – Applicare le metodologie e gli strumenti appresi, in ambiti diversi da quelli esplicitamente oggetto del corso, quali la materia condensata o le moderne teorie di gravità; – Formalizzare e schematizzare semplici problemi di fisica teorica.	
Propedeuticità in ingresso: Elettrodinamica Classica.	
Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.	

Insegnamento: TEORIA DEI GRUPPI E APPLICAZIONI	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso:	

Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici.

Obiettivi formativi:

Lo scopo primario del corso è di fornire allo studente alcune idee, concetti e metodi della teoria dei gruppi, e delle rappresentazioni dei gruppi, che sono fondamentali per una comprensione compiuta della meccanica quantistica, della teoria quantistica dei campi e di altri settori della fisica teorica moderna. Il corso è finalizzato altresì ad illustrare alcune applicazioni notevoli. Alla fine del corso, lo studente dovrebbe essere in grado di:

- Comprendere i concetti basilari della teoria dei gruppi e delle sue applicazioni;
- Padroneggiare alcuni metodi della teoria dei gruppi e delle rappresentazioni dei gruppi (ad esempio, rappresentazioni dei gruppi di Lorentz e Poincaré, dei gruppi SU(2) e SU(3)).

Propedeuticità in ingresso: Meccanica Quantistica.

Propedeuticità in uscita: Nessuna.

Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.

Insegnamento: TEORIA DELLA STRUTTURA NUCLEARE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS04		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie allo studio, da un punto di vista teorico sia sperimentale, dei fenomeni nucleari, partendo da principi e leggi fondamentali, con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali.			
Obiettivi formativi: - Lo studente avrà familiarità con le teorie e i modelli alla base della descrizione della struttura nucleare e dei fondamenti della teoria delle forze nucleari. - Conoscerà le condizioni di applicazione, e i relativi limiti, di alcuni tra i moderni approcci teorici e i modelli idonei alla descrizione e interpretazione della struttura dei nuclei. - Saprà applicare le conoscenze acquisite nel confronto delle previsioni teoriche con i dati sperimentali, anche attraverso l'uso di codici computazionali esistenti. - Lo studente sarà in grado di comprendere articoli di letteratura recente e valutarne la correttezza metodologica, di comunicare con linguaggio appropriato le caratteristiche dei modelli e la loro applicazione, con le relative limitazioni ed eventuali estensioni. - Lo studente amplierà le proprie conoscenze attraverso discussioni su problemi aperti oggetto di ricerca attiva.			
Propedeuticità in ingresso: Fisica Nucleare.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale.			

Insegnamento: TEORIA DELLE STRINGHE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: FIS/02		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici.			
Obiettivi formativi: Il corso intende trasmettere allo studente i concetti principali e gli strumenti matematici alla base della teoria delle stringhe e dei suoi sviluppi più recenti. Alla fine del corso, lo studente acquisirà in particolare le seguenti conoscenze: - metodi di quantizzazione della stringa aperta e chiusa, quantizzazione BRST e integrale funzionale; - teoria conforme in due o più dimensioni con applicazione alle stringhe e al principio olografico; - metodi moderni di Teoria Quantistica dei Campi rilevanti per applicazioni in teoria delle stringhe; - dualità nella teoria delle stringhe e principio olografico; - stringhe e brane, teorie effettive a basse energie.			

Propedeuticità in ingresso: Teoria Quantistica dei Campi I; Relatività Generale e Gravitazione.
Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.

Insegnamento: TEORIA DELL'INFORMAZIONE QUANTISTICA	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici.	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire una conoscenza operativa dei metodi e degli strumenti della Teoria dell'Informazione Quantistica. Lo studente sarà capace di comprendere la letteratura nel campo e potenzialmente avvicinarsi alla ricerca. Gli argomenti includono: circuiti quantistici, trasformata di Fourier quantistica e algoritmi di ricerca, operazioni quantistiche, teoria della correzione dell'errore, entanglement, crittografia, misura quantistica, metrologia quantistica, complessità quantistica, con applicazioni a sistemi di molti corpi, buchi neri e termodinamica quantistica.	
Propedeuticità in ingresso: Meccanica Quantistica. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.	

Insegnamento: TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI I	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02	CFU: 6
Anno di corso: I, II	Tipologia di Attività Formativa: B, C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici. Ricerca nel campo delle teorie relativistiche.	
Obiettivi formativi: Lo scopo del corso è di introdurre lo studente alla Teoria Quantistica dei Campi, ossia alla Meccanica Quantistica dei sistemi ad infiniti gradi di libertà in regime relativistico. Si inizia con le difficoltà nel coniugare la Relatività Speciale con la Meccanica Quantistica e si procede con la seconda quantizzazione del campo di Klein-Gordon e di quello di Dirac. Sarà sviluppata la teoria delle perturbazioni per trattare teorie in interazione e introdotto il metodo dei diagrammi di Feynman. Verrà introdotta la elettrodinamica quantistica come teoria di gauge abeliana e studiati, all'ordine più basso, i processi elementari in tale teoria. Assegnata una lagrangiana lo studente, alla fine del corso, sarà in grado di ricavare le simmetrie della teoria, scrivere le regole di Feynman e calcolare le sezioni d'urto di processi elementari che coinvolgano bosoni di spin zero ed uno e fermioni di spin 1/2.	
Propedeuticità in ingresso: Meccanica Quantistica; Elettrodinamica Classica. Propedeuticità in uscita: Fenomenologia delle Particelle Elementari; Fisica Astroparticellare Teorica; Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali; Introduzione alla Gravità Quantistica; QCD perturbativa; Teoria Quantistica dei Campi II; Teoria delle Stringhe.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.	

Insegnamento: Teoria Quantistica dei Campi II	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della	

matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici. Ricerca nel campo delle teorie relativistiche.
Obiettivi formativi: Lo scopo del corso è dare allo studente una comprensione dettagliata degli aspetti fondamentali della Teoria Quantistica dei Campi non solo da un punto di vista perturbativo. Saranno affrontate le metodiche per trattare le divergenze che si presentano, in teoria perturbativa, agli ordini successivi, i metodi di regolarizzazione e di rinormalizzazione e discussa la rinormalizzabilità delle teorie di campo ed il gruppo di rinormalizzazione. Verranno introdotte le teorie di gauge non abeliane (teorie Yang-Mills) e ne verrà discussa la quantizzazione con il formalismo dell'integrale funzionale. Lo studio delle simmetrie e della rottura spontanea delle simmetrie sarà affrontato anche in relazione alla costruzione del Modello Standard delle interazioni forte ed elettrodebole. Saranno trattati aspetti non perturbativi della teoria di campo, come, per esempio, il problema di Gribov. Lo studente alla fine del corso sarà, tra l'altro, in grado di calcolare ampiezze di scattering e sezioni d'urto nell'ambito di teorie di gauge, abeliane e non abeliane, di processi fisici anche ad ordini perturbativi superiori.
Propedeuticità in ingresso: Teoria Quantistica dei Campi I. Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.

Insegnamento: TEORIA QUANTISTICA DELLA MISURAZIONE	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/02	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici. Ricerca nel campo dei fondamenti della fisica.	
Obiettivi formativi: Lo scopo principale del corso è di fornire agli studenti alcuni concetti e strumenti della teoria quantistica della misurazione che sono fondamentali per una comprensione approfondita della meccanica quantistica e della teoria quantistica dell'informazione, nonché delle differenze – ma anche delle analogie – tra la meccanica classica e la meccanica quantistica. Il corso mira anche ad introdurre gli studenti alla teoria dei sistemi quantistici aperti e della decoerenza quantistica. Durante il corso, saranno altresì discussi alcuni strumenti matematici avanzati che sono di importanza basilare per le moderne applicazioni della fisica quantistica e per la teoria quantistica dell'informazione.	
Propedeuticità in ingresso: Meccanica Quantistica. Propedeuticità in uscita: Nessuno.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta e orale.	

Insegnamento: TERMODINAMICA COMPUTAZIONALE	Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano
SSD: FIS/03	CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia. Le competenze riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.	
Obiettivi formativi: Introduzione alla termodinamica tramite la fisica statistica, in particolare al legame fra la fisica microscopica e quella macroscopica. Utilizzo di strumenti computazionali per il calcolo delle proprietà termodinamiche dei materiali mediante simulazione numerica al computer dell'energia libera.	
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Relazione scritta.	

Attività formativa: ex art. 10, comma 5, lettera d		Lingua di erogazione dell'Attività: Italiano	
Attività: Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, abilità informatiche e telematiche		CFU: 2	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: F	
Modalità di svolgimento: Le attività potranno svolgersi in presenza, a distanza o partecipando a scuole, stage ed eventi di promozione e divulgazione della fisica.			
Contenuti delle Attività coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Attività formative volte ad acquisire ulteriori conoscenze e/o abilità, quali conoscenze linguistiche diverse dall'inglese, abilità informatiche e telematiche, capacità relazionali e organizzative mediante partecipazione o organizzazione di eventi di promozione e divulgazione della fisica, attività professionali o utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative integrative per l'acquisizione di conoscenze e metodologie finalizzate al lavoro di tesi e non già ricomprese percorso di studi.			
Obiettivi formativi: Lo scopo principale di queste attività formative è quello di far acquisire allo studente ulteriori conoscenze e/o abilità che siano utili al completamento della sua formazione, mediante l'acquisizione di ulteriori conoscenze utili al suo percorso di studi, allo sviluppo di capacità relazionali e organizzative o all'inserimento nel mondo del lavoro.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia delle prove di verifica del profitto: I crediti relativi a queste attività sono attribuiti dal coordinatore della CCD previo presentazione di idonea documentazione.			

Attività formativa: ex art. 10, comma 5, lettera d		Lingua di erogazione dell'Attività: Italiano	
Attività: Ulteriori conoscenze linguistiche		CFU: 4	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: F	
Modalità di svolgimento: Le attività potranno svolgersi in presenza o a distanza partecipando ai corsi del Centro Linguistico di Ateneo ovvero mediante la frequenza di corsi presso strutture che rilascino certificazioni di conoscenza di una lingua straniera.			
Contenuti delle Attività coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Attività formative volte ad acquisire ulteriori conoscenze linguistiche con capacità di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari e tecnici.			
Obiettivi formativi: Lo scopo di questa attività formativa è quella di far acquisire allo studente, secondo le indicazioni normative, la capacità di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari e tecnici ad un livello di conoscenza equiparabili al livello B2 del Quadro Comune europeo di riferimento per la conoscenza delle lingue (QCER).			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia delle prove di verifica del profitto: L'idoneità viene conseguita attraverso una prova specifica gestita dal Centro Linguistico di Ateneo ovvero attraverso certificazioni di strutture abilitate al rilascio della certificazione di conoscenza di una lingua straniera. I crediti relativi alla conoscenza di una lingua dell'Unione Europea diversa dall'italiano sono attribuiti dal coordinatore della CCD previo presentazione di idonea documentazione.			

Attività formativa: ex art. 10, comma 5, lettera d		Lingua di erogazione dell'Attività: Italiano	
Attività: Tirocini formativi e di orientamento			CFU: 6
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: F	
Modalità di svolgimento: Attività in presenza o a distanza, in dipendenza della tipologia di tirocinio formativo o di orientamento.			
Contenuti delle Attività coerenti con gli obiettivi formativi del corso:			

Svolgimento di attività di tirocinio formativo e/o di orientamento coerente con il percorso di studi.
Obiettivi formativi: Lo scopo dell'attività è quella di far svolgere allo studente un tirocinio formativo e/o di orientamento utile allo sviluppo di competenze coerenti con le attività professionali previste dal suo percorso di studio e all'inserimento nel mondo del lavoro.
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. Propedeuticità in uscita: Nessuna.
Tipologia delle prove di verifica del profitto: I crediti per queste attività saranno riconosciuti dal Coordinatore della CCD sulla base di un'adeguata documentazione attestante lo svolgimento del tirocinio e a seguito di positiva valutazione da parte di una commissione della CCD.

Nota conclusiva: tutti gli insegnamenti possono essere erogati anche in lingua inglese laddove necessario, per esempio in presenza di studenti stranieri (Erasmus, Educational Agreement, etc.).