



REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDI FISICA (PHYSICS)

CLASSE LM-17

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: di Fisica "Ettore Pancini"

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2025 - 2026

ACRONIMI

CCD	Commissione di Coordinamento Didattico
CdS	Corso/i di Studio
CPDS	Commissione Paritetica Docenti-Studenti
OFA	Obblighi Formativi Aggiuntivi
SUA-CdS	Scheda Unica Annuale del Corso di Studio
RDA	Regolamento Didattico di Ateneo

INDICE

Art. 1	Oggetto
Art. 2	Obiettivi formativi del Corso
Art. 3	Profilo professionale e sbocchi occupazionali
Art. 4	Requisiti di ammissione e conoscenze richieste per l'accesso al Corso di Studio
Art. 5	Modalità per l'accesso al Corso di Studio
Art. 6	Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari
Art. 7	Articolazione delle modalità di insegnamento
Art. 8	Prove di verifica delle attività formative
Art. 9	Struttura del corso e piano degli studi
Art. 10	Obblighi di frequenza
Art. 11	Propedeuticità e conoscenze pregresse
Art. 12	Calendario didattico del CdS
Art. 13	Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in altri Corsi di Studio della stessa classe
Art. 14	Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in CdS di diversa classe, in CdS universitari e di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in CdS internazionali; criteri per il riconoscimento di crediti per attività extra-curricolari
Art. 15	Criteri per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio
Art. 16	Caratteristiche e modalità di svolgimento della prova finale
Art. 17	Linee guida per le attività di tirocinio e <i>stage</i>
Art. 18	Decadenza dalla qualità di studente
Art. 19	Compiti didattici, comprese le attività didattiche integrative, di orientamento e di tutorato
Art. 20	Valutazione della qualità delle attività svolte
Art. 21	Norme finali
Art. 22	Pubblicità ed entrata in vigore

AVVERTENZA: Nella compilazione di tutti i campi del Regolamento è indispensabile tenere presente che gli articoli che fanno riferimento a campi della SUA devono essere riportati esattamente nella formulazione già presente in SUA. Qualora si desideri modificare parte del testo, è necessario considerare che tale azione comporta un cambio di Regolamento o, se il campo da modificare è RAD, di Ordinamento.

Art. 1

Oggetto

1. Il presente Regolamento disciplina gli aspetti organizzativi del Corso di Studi in Fisica (Physics) (classe LM-17 - FISICA). Il Corso di Studi (CdS) in Fisica afferisce al Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini".
2. Il CdS è retto dalla Commissione di Coordinamento Didattico (CCD), ai sensi dell'Art. 4 del RDA. Ai sensi del comma 4 dell'Art. 4 del RDA, la CCD si avvale di una sottocommissione 'pratiche studenti' composta dai referenti didattici dei curricula insieme al Coordinatore.
3. Il Regolamento è emanato in conformità alla normativa vigente in materia, allo Statuto dell'Università di Napoli Federico II e al Regolamento Didattico di Ateneo.

Art. 2

Obiettivi formativi del Corso

Il Corso di Laurea Magistrale in Fisica ha come obiettivo formativo quello di fornire un'avanzata preparazione culturale in fisica, assicurando:

- a) un'approfondita preparazione culturale nel campo della macro e microfisica;
- b) un'approfondita conoscenza delle moderne strumentazioni di misura e delle tecniche di analisi dei dati;
- c) un'approfondita conoscenza di strumenti matematici ed informatici di supporto;
- d) un'elevata padronanza del metodo scientifico di indagine;
- e) un'elevata preparazione scientifica ed operativa nell'ambito delle scienze fisiche con un significativo bagaglio di conoscenze e competenze in almeno una delle seguenti aree disciplinari: Astrofisica, Didattica e Storia della Fisica, Elettronica, Fisica Applicata, Fisica Biomedica, Fisica della Materia, Fisica Nucleare, Fisica Subnucleare e Astroparticellare, Fisica Teorica, Geofisica.

Il corso di studi di Laurea Magistrale in Fisica prepara ad attività professionali, da svolgere con autonomia e indipendenza, che richiedono un'elevata qualificazione, spesso con compiti di ricerca e sviluppo, in settori industriali e dei servizi con una forte base scientifica e tecnologica (ad esempio, nei settori dell'elettronica, della meccanica, della chimica e dei materiali, dell'energia, delle telecomunicazioni, della medicina, dell'ambiente, dei beni culturali, dell'informatica, dell'analisi dei dati ecc.), oltre che in ambiti professionali nei quali siano richieste capacità di analizzare e modellizzare fenomeni anche complessi con metodologia scientifica (ad esempio, in economia, finanza, sicurezza, ecc.). Inoltre, permette di accedere ai percorsi formativi di terzo livello, quali il dottorato di ricerca e la scuola di specializzazione in Fisica Medica.

L'articolazione del corso di studio è strettamente connessa alle linee di ricerca in Fisica sviluppate presso l'Ateneo, garantendo il raggiungimento di un'ampia preparazione scientifica insieme ad una specifica competenza nei percorsi formativi curriculari proposti. A tal fine il percorso formativo prevede una preparazione condivisa da tutti i curricula sugli aspetti fondamentali della disciplina, con riferimento a un gruppo di insegnamenti caratterizzanti obbligatori che permettono lo sviluppo dei temi più funzionali alla formazione di esperti di elevata qualificazione nelle aree disciplinari elencate in precedenza al punto e). Inoltre, sono previste attività relative ad "Ulteriori conoscenze linguistiche" nell'ambito delle "Ulteriori attività formative (art. 10, comma 5, lettera d)" per ampliare le abilità comunicative in lingua straniera. Ogni curriculum completa, poi, la preparazione disciplinare del percorso formativo con un ulteriore numero di crediti di attività caratterizzanti, che consentono un'adeguata preparazione in almeno una delle aree disciplinari riportate in precedenza al punto e). Il curriculum viene scelto dallo studente nel corso del primo anno e per ognuno dei

curricula è prevista un'ampia e articolata gamma di attività caratterizzanti ricomprese in almeno tre dei quattro ambiti disciplinari della classe di laurea LM-17 ((Sperimentale e applicativo; Teorico e dei fondamenti della fisica; Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali; Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale).

Art. 3

Profilo professionale e sbocchi occupazionali

- *Figura professionale che si intende formare*: Fisico (Dottore Magistrale).
- *Funzione in un contesto di lavoro* – I laureati del CdS acquisiscono competenze che consentono di svolgere attività professionali che richiedono una conoscenza avanzata delle metodologie fisiche sperimentali, delle attività di modellizzazione teorica dei processi fisici e dell'analisi e valutazione dei dati in vari contesti di tipo industriale, della ricerca scientifica e dei servizi. Fra le funzioni in contesto di lavoro si possono, per esempio, elencare:
 - attività di progettazione, messa a punto e utilizzo di strumentazione avanzata per la misurazione e/o il controllo di grandezze fisiche, in contesto industriale (e.g.: addetto al controllo di un processo produttivo; tecnologo di laboratorio in ambito fisico e fisico-chimico), di ricerca (e.g.: addetto alla ricerca in ambito universitario e in enti di ricerca, oppure in comparti di ricerca e sviluppo aziendali) o di servizio (e.g.: esperto laureato nel monitoraggio ambientale e delle radiazioni, etc.), nel settore medico della diagnosi, della cura e della prevenzione (e.g.: tecnologo della radioprotezione umana e/o delle strumentazioni per la diagnosi con metodologie fisiche; laureato esperto in tecnologie di imaging medico per la diagnostica, con radiazione ionizzante e non; esperto in tecnologie fisiche per la radioterapia con radiazione ionizzante) o nell'ambito dei servizi e delle tecnologie per la salute (e.g.: esperto in metodologie di analisi di dati sanitari, impieganti metodi computazionali di simulazione e di intelligenza artificiale).
 - sviluppo di modelli di sistemi fisici, o di sistemi che presentano analogie con sistemi fisici, in contesto aziendale o di ricerca e nel settore medico della diagnosi, della cura, della prevenzione e delle tecnologie per la salute (e.g.: modelli per analisi di serie storiche di parametri/dati fisici o di altro tipo e definizione di scenari in ambiti quali quello economico-finanziario, del monitoraggio ambientale, della sanità; modellizzazione e simulazione con tecniche computazionali di tipo Monte Carlo, con applicazione all'uso di fasci di radiazione, ionizzante e non, per la diagnostica e la terapia fisica, le tecnologie per la salute).
 - contributo alla risoluzione di problemi non standard, mediante metodologie analoghe a quelle utili in ambito fisico (e.g.: applicazione di modelli fisici per la risposta di un sistema, etc.).
 - supporto tecnico in vari ambiti industriali e aziendali.
 - sviluppo di software innovativo, in relazione alle funzioni elencate in precedenza;
 - innovazione, ricerca e sviluppo in ambito industriale o scientifico.
 - presentazione di risultati scientifici, divulgazione scientifica, formazione avanzata di personale in diversi ambiti (es. tecnologo per la messa a punto e l'analisi di sondaggi, redattore di articoli di divulgazione, preparatore su aspetti relativi alla sicurezza e all'utilizzo di dispositivi fisici ed elettronici, alla raccolta ed analisi dei dati).
 - studio di tematiche sociali complesse a sfondo scientifico quali interdisciplinarietà, sostenibilità, inclusione, diversità, identità e equità sociale.

- *Competenze associate alla funzione* - Per lo svolgimento delle funzioni sopra descritte il percorso formativo si articola in più curricula, capaci di fornire le competenze fondamentali del Fisico assieme a specifiche conoscenze, capacità e abilità in relazione alle varie funzioni, come di seguito elencato:
 - competenze tecnico-scientifiche generali;
 - competenze disciplinari avanzate e specialistiche nel campo della fisica o di discipline affini;
 - capacità generali di modellizzazione e di risoluzione di problemi;
 - competenze comunicative (particolarmente in relazione ad un ambito scientifico);
 - competenze informatiche;
 - competenze nella soluzione di problemi complessi tramite modellizzazione teorica e verifica sperimentale.
 - competenze nelle aree disciplinari riportati al punto e) del quadro A4.a, ovvero capacità legate alla trattazione di problemi, anche avanzati, negli ambiti disciplinari della classe di laurea LM-17 (Sperimentale e applicativo; Teorico e dei fondamenti della fisica; Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali; Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale).
 - competenze in metodi quantitativi, qualitativi e misti, di *educational data mining* e *learning analytics*.
 - competenze nello sviluppo di percorsi laboratoriali, prototipi e materiali didattici, anche multimediali, e di strumenti di valutazione per attività di *outreach* e *public engagement*.
 - competenze nella salvaguardia, valorizzazione e fruizione pubblica del patrimonio storico-scientifico, ivi inclusi collezioni strumentali, archivi storici e fondi librari.
- *Sbocchi occupazionali* - I laureati in Fisica possono trovare impiego presso enti pubblici e aziende con profili professionali quali:
 - impiegato di alta qualificazione, spesso con funzioni di ricerca e sviluppo, in industrie a base tecnologica e nei settori dell'elettronica, della meccanica, della chimica e dei materiali, dell'energia, delle telecomunicazioni, dell'economia, della medicina, dell'ambiente e dei beni culturali;
 - impiegato di alta qualificazione in aziende del settore informatico (e.g., sviluppo di strumenti software, gestore di servizi tecnologici e siti web);
 - ricercatore o tecnologo in formazione presso Università o Enti di ricerca in Italia o all'estero e fisico medico nelle strutture sanitarie.

Infine, i laureati che avranno crediti in numero sufficiente in opportuni gruppi di settori potranno, come previsto dalla legislazione vigente, partecipare alle prove di ammissione per i percorsi di formazione per l'insegnamento secondario.

Art. 4

Requisiti di ammissione e conoscenze richieste per l'accesso al Corso di Studio¹

Le conoscenze richieste per l'accesso alla Laurea Magistrale in Fisica sono quelle di base di fisica classica, fisica moderna, analisi matematica, algebra, e geometria, generalmente acquisibili con una laurea di primo livello (triennale) della classe L-30 – Lauree in Scienze e Tecnologie Fisiche. Coloro i quali siano in possesso di una laurea di primo livello in una classe differente, ovvero di un titolo di studio conseguito all'estero e riconosciuto idoneo secondo la normativa vigente, dovranno avere acquisito adeguate conoscenze e competenze nei settori scientifico disciplinari (SSD) che caratterizzano la Laurea Magistrale in Fisica.

I requisiti curriculari richiesti per l'accesso sono definiti in termini di possesso di:

- un titolo d'accesso conseguito nella classe L-30 Scienze e Tecnologie Fisiche;

ovvero:

- altro valido titolo di accesso e almeno 60 CFU conseguiti nelle seguenti discipline:

- i) almeno 30 CFU in SSD FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/06, FIS/07;

- ii) almeno 12 CFU in SSD MAT/03, MAT/05;

- iii) almeno 6 CFU in SSD INF/01, MAT/08, ING-INF/05;

- iv) almeno ulteriori 12 CFU in SSD FIS oppure in SSD del seguente elenco: MAT/07 - Fisica matematica; CHIM/02 - Chimica fisica; GEO/10 - Geofisica della terra solida; GEO/11 - Geofisica applicata - GEO/12 - Oceanografia e fisica dell'atmosfera; ING-IND/06 – Fluidodinamica; ING-IND/10 – Fisica tecnica industriale; ING-IND/12 - Misure meccaniche e termiche; ING-IND/13 - Meccanica applicata alle macchine; ING-IND/18 - Fisica dei reattori nucleari; ING-IND/20 - Misure e strumentazione nucleari; ING-IND/22 - Scienza e tecnologia dei materiali; ING-IND/31 – Elettrotecnica; ING-INF/01 – Elettronica; ING-INF/02 - Campi elettromagnetici; ING-INF/06 - Bioingegneria elettronica e informatica; ING-INF/07 - Misure elettriche e elettroniche; SECS-S/01 - Statistica.

Per tutti gli studenti è prevista una verifica della personale preparazione, con modalità definite nel regolamento didattico del corso di studi.

Art. 5

Modalità per l'accesso al Corso di Studio

La verifica della personale preparazione è obbligatoria in ogni caso, e possono accedervi solo gli studenti in possesso dei requisiti curriculari.

La normativa (DM 22 ottobre 2004, n. 270, RDA) stabilisce la necessità di verificare l'adeguatezza della personale preparazione dello studente, ai fini dell'ammissione ad un Corso di Laurea

¹ Artt. 7, 13, 14 del Regolamento Didattico di Ateneo.

Magistrale. Per frequentare proficuamente il corso di Laurea Magistrale in Fisica sono richieste adeguate conoscenze di Fisica, Matematica e Chimica e la conoscenza della lingua inglese scientifica. Pertanto, l'ammissione al Corso di Laurea Magistrale è subordinata ad una valutazione preliminare del curriculum di studi dello studente da parte di una sottocommissione "pratiche studenti" delegata dalla CCD e composta dai referenti didattici dei curricula insieme al Coordinatore.

Sono esonerati dalla verifica dell'adeguatezza della personale preparazione gli studenti che si trovino in una delle seguenti condizioni:

- 1) Laurea in Fisica (L-30 Classe delle Lauree in Scienze e Tecnologie Fisiche) rilasciata dall'ateneo Federico II o da altri atenei statali italiani;
- 2) Laurea di primo livello in una disciplina scientifica diversa dalla Fisica rilasciata da atenei statali italiani con un curriculum di studi che verifichi entrambi i seguenti requisiti:

a) almeno 60 CFU conseguiti nelle seguenti discipline:

- i) almeno 30 CFU in SSD FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/06, FIS/07;
- ii) almeno 12 CFU in SSD MAT/03, MAT/05;
- iii) almeno 6 CFU in SSD INF/01, MAT/08, ING-INF/05;
- iv) almeno ulteriori 12 CFU in SSD FIS oppure in SSD del seguente elenco: MAT/07 - Fisica matematica; CHIM/02 - Chimica fisica; GEO/10 - Geofisica della terra solida; GEO/11 - Geofisica applicata - GEO/12 - Oceanografia e fisica dell'atmosfera; ING-IND/06 - Fluidodinamica; ING-IND/10 - Fisica tecnica industriale; ING-IND/12 - Misure meccaniche e termiche; ING-IND/13 - Meccanica applicata alle macchine; ING-IND/18 - Fisica dei reattori nucleari; ING-IND/20 - Misure e strumentazione nucleari; ING-IND/22 - Scienza e tecnologia dei materiali; ING-IND/31 - Elettrotecnica; ING-INF/01 - Elettronica; ING-INF/02 - Campi elettromagnetici; ING-INF/06 - Bioingegneria elettronica e informatica; ING-INF/07 - Misure elettriche e elettroniche; SECS-S/01 - Statistica.

b) avere una media delle votazioni (in trentesimi) conseguite negli esami di profitto relativi ai soli insegnamenti che rientrino tra i SSD sopra riportati - pesata sui CFU degli stessi insegnamenti - almeno uguale a 27/30.

Le richieste di ammissione al Corso di Laurea Magistrale da parte di studenti in difetto dei criteri sopra citati sono esaminate dalla sottocommissione "pratiche studenti". La sottocommissione verifica il possesso delle conoscenze e competenze richieste nelle discipline matematiche e chimiche di base, nelle discipline matematiche e informatiche affini, nella fisica classica, nella meccanica quantistica, nell'attività di laboratorio, nonché della conoscenza della lingua inglese, sia dalla documentazione degli studi pregressi dello studente sia eventualmente tramite colloquio e/o prova scritta e/o prova pratica di laboratorio. La sottocommissione esprime, quindi, un giudizio di idoneità che consente l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale in Fisica. In caso contrario, la sottocommissione indica le conoscenze e competenze da acquisire al fine del raggiungimento di una preparazione adeguata prima dell'immatricolazione.

Art. 6

Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari

Ogni attività formativa prescritta dall'ordinamento del CdS viene misurata in crediti formativi universitari (CFU). Ogni CFU corrisponde convenzionalmente a 25 ore di impegno formativo

complessivo² per ciascuno studente e comprende le ore di attività didattica per lo svolgimento dell'insegnamento e le ore riservate allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale.

Per il Corso di Studio oggetto del presente Regolamento, le ore di attività didattica per lo svolgimento dell'insegnamento per ogni CFU, stabilite in relazione al tipo di attività formativa, sono le seguenti³:

- Lezione frontale: 8 ore per CFU;
- Esercitazioni di didattica assistita (in laboratorio o in aula): 8 ore per CFU;
- Attività pratiche di laboratorio: 12 ore per CFU;

Per le attività di Tirocinio, un CFU corrisponde a 25 ore di impegno formativo per ciascuno studente⁴. I CFU corrispondenti a ciascuna attività formativa sono acquisiti dallo studente con il soddisfacimento delle modalità di verifica del profitto (esame, idoneità) indicate nella Scheda relativa all'insegnamento/attività allegata al presente Regolamento.

Art. 7

Articolazione delle modalità di insegnamento

L'attività didattica viene svolta in modalità convenzionale.

La CCD delibera eventualmente quali insegnamenti prevedono anche attività didattiche offerte on-line.

Alcuni insegnamenti possono svolgersi anche in forma seminariale e/o prevedere esercitazioni in aula, laboratori linguistici ed informatici.

Informazioni dettagliate sulle modalità di svolgimento di ciascun insegnamento sono presenti sulle schede degli insegnamenti.

Art. 8

Prove di verifica delle attività formative⁵

1. La Commissione di Coordinamento Didattico, nell'ambito dei limiti normativi previsti⁶, stabilisce il numero degli esami e le altre modalità di valutazione del profitto che determinano

² Secondo l'Art. 5, c. 1 del DM 270/2004 "Al credito formativo universitario corrispondono 25 ore di impegno complessivo per studente; con decreto ministeriale si possono motivatamente determinare variazioni in aumento o in diminuzione delle predette ore per singole classi, entro il limite del 20 per cento".

³ Il numero di ore tiene conto delle indicazioni presenti nell'Art. 6, c. 5 del RDA: "Per ogni CFU, delle 25 ore complessive, la quota da riservare alle attività per lo svolgimento dell'insegnamento deve essere: a) compresa tra le 5 e le 10 ore per le lezioni e le esercitazioni; b) compresa tra le 5 e le 10 ore per le attività seminariali; c) compresa tra le 8 e le 12 ore per le attività di laboratorio o attività di campo. Sono, in ogni caso, fatti salvi in cui siano previste attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico, diverse disposizioni di Legge o diverse determinazioni previste dai DD.MM.".

⁴ Per l'attività di Tirocinio (DM interministeriale 142/1998), fatte salve ulteriori specifiche disposizioni, il numero di ore di lavoro pari a 1 CFU non possono essere inferiori a 25.

⁵ Art. 22 del Regolamento Didattico di Ateneo.

⁶ Ai sensi dei DD.MM. 16.3.2007 in ciascun Corso di Studio gli esami o prove di profitto previsti non possono essere più di 20 (lauree; Art. 4 c. 2), 12 (lauree magistrali; Art. 4, c. 2), 30 (lauree a ciclo unico quinquennali) o 36 (lauree a ciclo unico sessennali; Art. 4 c. 3). Ai sensi del Regolamento Didattico di Ateneo, Art. 13 c. 4, per i Corsi di Laurea, "restano escluse dal conteggio le prove che costituiscono un accertamento di idoneità relativamente alle attività di cui all'Art. 10 c. 5 lettere c), d) ed e) del D.M. n. 270/2004 ivi compresa la prova finale per il conseguimento del titolo di studio". Per i Corsi di Laurea Magistrale e Magistrale a ciclo unico, invece, ai sensi del Regolamento Didattico di Ateneo, Art. 14 c. 7, "restano escluse dal conteggio degli esami le prove che costituiscono un accertamento di profitto relativamente alle attività di cui all'Art. 10 c. 5 lettere d) ed e) del D.M. n. 270/2004; l'esame finale per il conseguimento della Laurea Magistrale e Magistrale a ciclo unico rientra nel computo del numero massimo di esami".

l'acquisizione dei crediti formativi universitari. Gli esami sono individuali e possono consistere in prove scritte, orali, pratiche, grafiche, tesine, colloqui o combinazioni di tali modalità.

2. Le modalità di svolgimento delle verifiche pubblicate nelle schedine insegnamento e il calendario degli esami saranno resi noti agli studenti prima dell'inizio delle lezioni sul sito web del Dipartimento⁷.
3. Lo svolgimento degli esami è subordinato alla relativa prenotazione che avviene in via telematica. Qualora lo studente non abbia potuto procedere alla prenotazione per ragioni che il Presidente della Commissione considera giustificate, lo studente può essere egualmente ammesso allo svolgimento della prova d'esame, in coda agli altri studenti prenotati.
4. Prima della prova d'esame, il Presidente della Commissione accerta l'identità dello studente, che è tenuto ad esibire un documento di riconoscimento in corso di validità e munito di fotografia.
5. La valutazione a seguito di esame è espressa con votazione in trentesimi, l'esame è superato con la votazione minima di diciotto trentesimi, la votazione di trenta trentesimi può essere accompagnata dalla lode per voto unanime della Commissione. La valutazione a seguito di verifiche del profitto diverse dall'esame è espressa con un giudizio di idoneità.
6. Le prove orali di esame sono pubbliche, nel rispetto della normativa vigente in materia di sicurezza. Qualora siano previste prove scritte, il candidato ha il diritto di prendere visione del/i proprio/i elaborato/i dopo la correzione.
7. Le Commissioni d'esame sono disciplinate dal Regolamento Didattico di Ateneo⁸.

Art. 9

Struttura del corso e piano degli studi

1. La durata legale del Corso di Studio è di 2 anni. È altresì possibile l'iscrizione sulla base di un contratto, nel rispetto di quanto previsto all'Art. 24 del Regolamento Didattico di Ateneo in base a criteri e modalità definite al successivo comma 5.

Lo studente dovrà acquisire 120 CFU, riconducibili alle seguenti Tipologie di Attività Formative (TAF):

- B) caratterizzanti,
- C) affini o integrative,
- D) a scelta dello studente⁹,
- E) per la prova finale,
- F) ulteriori attività formative.

2. La laurea si consegue dopo avere acquisito 120 CFU con il superamento degli esami, in numero non superiore a 12, e lo svolgimento delle altre attività formative.

⁷ Si richiama l'Art. 22 c. 8 del RDA in base al quale "il Dipartimento o la Scuola cura che le date per le verifiche di profitto siano pubblicate sul portale con congruo anticipo che di norma non può essere inferiore a 60 giorni prima dell'inizio di ciascun periodo didattico e che sia previsto un adeguato periodo di tempo per l'iscrizione all'esame che deve essere di norma obbligatoria".

⁸ Si richiama l'Art. 22, c. 4 del RDA in base al quale "le Commissioni di esame e delle altre verifiche di profitto sono nominate dal Direttore del Dipartimento o dal Presidente della Scuola quando previsto dal Regolamento della stessa. È possibile delegare tale funzione al Coordinatore della CCD. Le Commissioni sono composte dal Presidente ed eventualmente da altri docenti o cultori della materia. Per gli insegnamenti attivi, il Presidente è il titolare dell'insegnamento ed in tal caso la Commissione delibera validamente anche in presenza del solo Presidente. Negli altri casi, il Presidente è un docente individuato all'atto della nomina della Commissione. Alla valutazione collegiale complessiva del profitto a conclusione di un insegnamento integrato partecipano i docenti titolari dei moduli coordinati e il Presidente è individuato all'atto della nomina della Commissione".

⁹ Corrispondenti ad almeno 12 CFU per le lauree triennali e ad almeno 8 CFU per le lauree magistrali (Art. 4, c. 3 del D.M. 16.3.2007).

Fatta salva diversa disposizione dell'ordinamento giuridico degli studi universitari, ai fini del conteggio si considerano gli esami sostenuti nell'ambito delle attività di base, caratterizzanti e affini o integrative nonché nell'ambito delle attività autonomamente scelte dallo studente (TAF D). Gli esami o valutazioni di profitto relativi alle attività autonomamente scelte dallo studente possono essere considerate nel computo complessivo corrispondenti a una unità¹⁰. Restano escluse dal conteggio le prove che costituiscono un accertamento di idoneità relativamente alle attività di cui all'Art. 10 comma 5 lettere d) ed e) del D.M. 270/2004¹¹. Gli insegnamenti integrati, composti da due o più moduli, prevedono un'unica prova di verifica.

3. Per acquisire i CFU relativi alle attività a scelta autonoma, lo studente ha libertà di scelta tra tutti gli insegnamenti attivati presso l'Ateneo, purché coerenti con il progetto formativo. Tale coerenza viene valutata dalla Commissione di Coordinamento Didattico del CdS. Anche per l'acquisizione dei CFU relativi alle attività a scelta autonoma è richiesto il "superamento dell'esame o di altra forma di verifica del profitto" (Art. 5, c. 4 del D.M. 270/2004).
4. Il piano di studi sintetizza la struttura del corso elencando gli insegnamenti previsti suddivisi per anno di corso ed eventualmente per curriculum. Alla fine della tabella del piano di studi sono elencate le propedeuticità previste dal Corso di Studio. Il piano degli studi offerto agli studenti, con l'indicazione dei settori scientifico-disciplinari e dell'ambito di afferenza, dei crediti, della tipologia di attività didattica è riportato nell'Allegato 1 al presente Regolamento.
5. Ai sensi dell'Art. 11, c. 4-bis del DM 270/2004, è possibile conseguire il titolo secondo un piano di studi individuale comprendente anche attività formative diverse da quelle previste dal Regolamento didattico, purché in coerenza con l'Ordinamento didattico del Corso di Studio dell'anno accademico di immatricolazione. Il Piano di Studi individuale è approvato dalla Commissione di Coordinamento Didattico.

Art. 10

Obblighi di frequenza¹²

1. In generale, la frequenza alle lezioni frontali è fortemente consigliata ma non obbligatoria. In caso di singoli insegnamenti con frequenza obbligatoria, tale opzione è indicata nella relativa Schedina insegnamento/attività disponibile nell'Allegato 2.
2. Qualora il docente preveda una modulazione del programma diversa tra studenti frequentanti e non frequentanti, questa è indicata nella singola Scheda Insegnamento pubblicata sulla pagina web del corso e sul sito docentiUniNA.
3. La frequenza alle attività seminariali che attribuiscono crediti formativi è obbligatoria. Le relative modalità di verifica del profitto per l'attribuzione di CFU sono compito della CCD.

¹⁰ Art. 4, c. 2 dell'Allegato 1 al D.M. 386/2007.

¹¹ Art. 10, c. 5 del D.M. 270/2004: "Oltre alle attività formative qualificanti, come previsto ai commi 1, 2 e 3, i Corsi di Studio dovranno prevedere: a) attività formative autonomamente scelte dallo studente purché coerenti con il progetto formativo [TAF D]; b) attività formative in uno o più ambiti disciplinari affini o integrativi a quelli di base e caratterizzanti, anche con riguardo alle culture di contesto e alla formazione interdisciplinare [TAF C]; c) attività formative relative alla preparazione della prova finale per il conseguimento del titolo di studio e, con riferimento alla laurea, alla verifica della conoscenza di almeno una lingua straniera oltre l'italiano [TAF E]; d) attività formative, non previste dalle lettere precedenti, volte ad acquisire ulteriori conoscenze linguistiche, nonché abilità informatiche e telematiche, relazionali, o comunque utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative volte ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso, tra cui, in particolare, i tirocini formativi e di orientamento di cui al decreto 25 marzo 1998, n. 142, del Ministero del lavoro [TAF F]; e) nell'ipotesi di cui all'articolo 3, comma 5, attività formative relative agli stages e ai tirocini formativi presso imprese, amministrazioni pubbliche, enti pubblici o privati ivi compresi quelli del terzo settore, ordini e collegi professionali, sulla base di apposite convenzioni".

¹² Art. 22, c. 10 del Regolamento Didattico di Ateneo.

Art. 11

Propedeuticità e conoscenze pregresse

1. L'elenco delle propedeuticità in ingresso (necessarie per sostenere un determinato esame) e in uscita è riportato alla fine dell'Allegato 1 e nella Scheda insegnamento/attività (Allegato 2).
2. Le eventuali conoscenze pregresse ritenute necessarie sono indicate nella singola Scheda Insegnamento pubblicata sulla pagina web del corso e sul sito docentiUniNA.

Art. 12

Calendario didattico del CdS

Il calendario didattico del CdS viene reso disponibile sul sito web del Dipartimento con congruo anticipo rispetto all'inizio delle attività (Art. 21, c. 5 del RDA).

Art. 13

Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in altri Corsi di Studio della stessa Classe¹³

Per gli studenti provenienti da Corsi di Studio della stessa Classe la Commissione di Coordinamento Didattico assicura il riconoscimento dei CFU, ove associati ad attività culturalmente compatibili con il percorso formativo, acquisiti dallo studente presso il Corso di Studio di provenienza, secondo i criteri di cui al successivo articolo 14. Il mancato riconoscimento di crediti formativi universitari deve essere adeguatamente motivato. Resta fermo che la quota di crediti formativi universitari relativi al medesimo settore scientifico-disciplinare direttamente riconosciuti allo studente, non può essere inferiore al 50% di quelli già conseguiti.

Art. 14

Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in Corsi di Studio di diversa Classe, in corsi di studio universitari o di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in Corsi di Studio internazionali¹⁴; criteri per il riconoscimento di CFU per attività extra-curricolari

1. Il riconoscimento dei crediti acquisiti in Corsi di Studio di diversa Classe, in Corsi di studio universitari o di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in Corsi di Studio internazionali, avviene ad opera della CCD, sulla base dei seguenti criteri:
 - analisi del programma svolto;
 - valutazione della congruità dei settori scientifico disciplinari e dei contenuti delle attività formative in cui lo studente ha maturato i crediti con gli obiettivi formativi specifici del Corso di Studio e delle singole attività formative da riconoscere, perseguendo comunque la finalità di mobilità degli studenti.

Il riconoscimento è effettuato fino a concorrenza dei crediti formativi universitari previsti dall'ordinamento didattico del Corso di Studio. Il mancato riconoscimento di crediti formativi universitari deve essere adeguatamente motivato. Ai sensi dell'Art. 5, comma 5-bis, del D.M. 270/2004, è possibile altresì l'acquisizione di crediti formativi presso altri atenei italiani sulla base di convenzioni stipulate tra le istituzioni interessate, ai sensi della normativa vigente¹⁵.
2. L'eventuale riconoscimento di CFU relativi ad esami superati come corsi singoli potrà avvenire entro il limite di 36 CFU, ad istanza dell'interessato e in seguito all'approvazione della CCD. Il

¹³ Art. 19 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁴ Art. 19 e Art. 27 c. 6 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁵ Art. 6, c. 9 del Regolamento Didattico di Ateneo.

riconoscimento non potrà concorrere alla riduzione della durata legale del Corso di Studio, così come determinata dall'Art. 8, c. 2 del D.M. 270/2004, fatta eccezione per gli studenti che si iscrivono essendo già in possesso di un titolo di studio di pari livello¹⁶.

3. Relativamente ai criteri per il riconoscimento di CFU per attività extra-curricolari, entro un limite massimo di 12 CFU possono essere riconosciute le seguenti attività:

- conoscenze e abilità professionali e abilità certificate, tenendo conto della congruenza dell'attività svolta e/o dell'abilità certificata rispetto alle finalità e agli obiettivi del Corso di Studio di iscrizione nonché dell'impegno orario della durata di svolgimento;
- conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario alla cui progettazione e realizzazione abbia concorso l'Università.

Art. 15

Criteri per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio

L'iscrizione a singoli corsi di insegnamento, previsti dal Regolamento di Ateneo¹⁷, è disciplinata dal "Regolamento di Ateneo per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio"¹⁸.

Art. 16

Caratteristiche e modalità di svolgimento della prova finale

L'esame di Laurea Magistrale consiste nella discussione davanti ad una commissione appositamente nominata di un elaborato (Tesi) preparato sotto la guida di un relatore. La Tesi consiste in una relazione scritta, elaborata in maniera originale, su un'applicazione ad un problema specifico (di carattere teorico, sperimentale o tecnologico) di interesse per la ricerca nel campo della fisica moderna e delle sue applicazioni o in un campo interdisciplinare con uso di metodologie tipiche della fisica.

La CCD definisce le modalità di assegnazione e svolgimento della tesi di laurea, le norme per l'ammissione all'esame di laurea, le modalità di svolgimento dell'esame di laurea e i relativi criteri di valutazione per il conseguimento della Laurea Magistrale in Fisica (LM) presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II con un proprio regolamento.

Superato l'esame di Laurea Magistrale, lo studente consegue il titolo di Dottore Magistrale in Fisica, indipendentemente dal curriculum e/o dal piano di studi prescelto, del quale verrà eventualmente fatta menzione nella carriera accademica.

Art. 17

Linee guida per le attività di tirocinio e stage

1. Gli studenti iscritti al CdS possono decidere di effettuare attività di tirocinio o *stage* formativi presso Enti o Aziende convenzionati con l'Ateneo. Le attività di tirocinio e *stage* non sono obbligatorie, e concorrono all'attribuzione di crediti formativi per le Altre attività formative a scelta dello studente inserite nel piano di studi, così come previsto dall'Art. 10, comma 5, lettere d ed e, del D.M. 270/2004¹⁹.

¹⁶ Art. 19, c. 4 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁷ Art. 19, c. 4 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁸ D.R. n. 348/2021.

¹⁹ I tirocini *ex lettera d* possono essere sia interni che esterni; tirocini e *stage ex lettera e* possono essere solo esterni.

2. Le modalità di svolgimento e le caratteristiche di tirocini e *stage* sono disciplinate dalla CCD con un apposito regolamento.
3. L'Università degli Studi di Napoli Federico II, per il tramite della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, assicura un costante contatto con il mondo del lavoro, per offrire a studenti e laureati dell'Ateneo concrete opportunità di tirocini e *stage* e favorirne l'inserimento professionale.

Art. 18

Decadenza dalla qualità di studente²⁰

Incorre nella decadenza lo studente che non abbia sostenuto esami per otto anni accademici consecutivi, a meno che il suo contratto non stabilisca condizioni diverse. In ogni caso, la decadenza va comunicata allo studente a mezzo posta elettronica certificata o altro mezzo idoneo che ne attesti la ricezione.

Art. 19

Compiti didattici, comprese le attività didattiche integrative, di orientamento e di tutorato

1. I docenti e ricercatori svolgono il carico didattico assegnato secondo quanto disposto dal Regolamento didattico di Ateneo e nel Regolamento sui compiti didattici e di servizio agli studenti dei professori e ricercatori e sulle modalità per l'autocertificazione e la verifica dell'effettivo svolgimento²¹.
2. Docenti e ricercatori devono garantire almeno due ore di ricevimento ogni 15 giorni (o per appuntamento in ogni caso concesso non oltre i 15 giorni) e comunque garantire la reperibilità via posta elettronica.
3. Il servizio di tutorato ha il compito di orientare e assistere gli studenti lungo tutto il corso degli studi e di rimuovere gli ostacoli che impediscono di trarre adeguato giovamento dalla frequenza dei corsi, anche attraverso iniziative rapportate alle necessità e alle attitudini dei singoli.
4. L'Università assicura servizi e attività di orientamento, di tutorato e assistenza per l'accoglienza e il sostegno degli studenti. Tali attività sono organizzate dalle Scuole e/o dai Dipartimenti con il coordinamento dell'Ateneo, secondo quanto stabilito dal RDA nell'articolo 8.

Art. 20

Valutazione della qualità delle attività svolte

1. La Commissione di Coordinamento Didattico attua tutte le forme di valutazione della qualità delle attività didattiche previste dalla normativa vigente secondo le indicazioni fornite dal Presidio della Qualità di Ateneo.
2. Al fine di garantire agli studenti del Corso di Studio la qualità della didattica nonché di individuare le esigenze degli studenti e di tutte le parti interessate, l'Università degli Studi di Napoli Federico II si avvale del sistema di Assicurazione Qualità (AQ)²², sviluppato in conformità al documento "Autovalutazione, Valutazione e Accreditamento del Sistema Universitario Italiano" dell'ANVUR, utilizzando:
 - indagini sul grado di inserimento dei laureati nel mondo del lavoro e sulle esigenze post-lauream;

²⁰ Art. 24, c. 5 del Regolamento Didattico di Ateneo.

²¹ D.R. n. 2482//2020.

²² Il sistema di Assicurazione Qualità, basato su un approccio per processi e adeguatamente documentato, è progettato in maniera tale da identificare le esigenze degli studenti e di tutte le parti interessate, per poi tradurle in requisiti che l'offerta formativa deve rispettare.

- dati estratti dalla somministrazione del questionario per la valutazione della soddisfazione degli studenti per ciascun insegnamento presente nel piano di studi, con domande relative alle modalità di svolgimento del corso, al materiale didattico, ai supporti didattici, all'organizzazione, alle strutture.

I requisiti derivanti dall'analisi dei dati sulla soddisfazione degli studenti, discussi e analizzati dalla Commissione di Coordinamento Didattico e dalla Commissione Paritetica Docenti Studenti (CPDS), sono inseriti fra i dati di ingresso nel processo di progettazione del servizio e/o fra gli obiettivi della qualità.

3. L'organizzazione dell'AQ sviluppata dall'Ateneo realizza un processo di miglioramento continuo degli obiettivi e degli strumenti adeguati per raggiungerli, facendo in modo che in tutte le strutture siano attivati processi di pianificazione, monitoraggio e autovalutazione che consentano la pronta rilevazione dei problemi, il loro adeguato approfondimento e l'impostazione di possibili soluzioni.

Art. 21

Norme finali

1. Il Consiglio di Dipartimento, su proposta della Commissione di Coordinamento Didattico, sottopone all'esame del Senato Accademico eventuali proposte di modifica e/o integrazione del presente Regolamento.

Art. 22

Pubblicità ed entrata in vigore

1. Il presente Regolamento entra in vigore il giorno successivo alla pubblicazione all'Albo ufficiale dell'Università; è inoltre pubblicato sul sito d'Ateneo. Le stesse forme e modalità di pubblicità sono utilizzate per le successive modifiche e integrazioni.
2. Sono parte integrante del presente Regolamento l'Allegato 1 (Struttura CdS) e l'Allegato 2 (Schedina insegnamento/attività).

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. 2025 - 2026

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, climatico e spaziale	Obbligatorio
Cosmologia	FIS/05	unico	6	48	Lezione frontale	B	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Obbligatorio
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Obbligatorio
Fisica delle Galassie	FIS/05	unico	6	48	Lezione frontale	B	Astrofisico, geofisico, climatico 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 e 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, climatico e spaziale	Obbligatorio
Astroinformatica	FIS/05	unico	12	48	Lezione Frontale	C	-	Obbligatorio (due a scelta)
Astrofisica Multimessaggera	FIS/05							
Complementi di Cosmologia	FIS/05							
Evoluzione Stellare	FIS/05							
Filosofia della conoscenza scientifica	M- FIL/01							
Fisica delle atmosfere stellari	FIS/05							
Laboratorio di Astrofisica	FIS/05							
Planetologia Storia dell’Astronomia	FIS/05 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 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.

Modalità: Tutti gli insegnamenti si svolgono con modalità in presenza.

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 della materia e delle interazioni fondamentali	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 e 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							
Filosofia della conoscenza scientifica	M-FIL/01							
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.

Modalità: Tutti gli insegnamenti si svolgono con modalità in presenza.

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 della materia e delle interazioni fondamentali	Obbligatorio
Elettronica Digitale	FIS/01	unico	6	48	Lezione frontale	B	Sperimentale e applicativo	Obbligatorio
Fisica dello Stato Solido I	FIS/03	unico	6	48	Lezione frontale	C	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Obbligatorio
Fondamenti di Elettronica	FIS/01	unico	6	48	Lezione frontale	B	Sperimentale e applicativo	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale e 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 (uno a scelta)
Laboratorio di Sistemi Digitali	FIS/01	unico	9	72	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale e applicativo	Obbligatorio
Insegnamenti a scelta autonoma	-	unico	12	96	Lezione frontale	D	-	Obbligatorio

Prova finale	-	unico	39	-	-	E	-	Obbligatorio
--------------	---	-------	----	---	---	---	---	--------------

Elenco delle propedeuticità

Nessuna.

Modalità: Tutti gli insegnamenti si svolgono con modalità in presenza.

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
Dosimetria delle Radiazioni	FIS/07	unico	6	52	Lezione frontale e Laboratorio	C	-	Obbligatorio
Biofisica delle Radiazioni	FIS/07	unico	6	52	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale e applicativo	Obbligatorio
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Obbligatorio
Fisica Medica	FIS/07	unico	6	48	Lezione frontale	B	Sperimentale e applicativo	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale e 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 e applicativo	Obbligatorio
Basi Fisiche della Risonanza Magnetica	FIS/07	unico	6	52	Lezione Frontale	C	-	Obbligatorio (Uno a scelta)
Basi Fisiche della Radioterapia								
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.

Modalità: Tutti gli insegnamenti si svolgono con modalità in presenza.

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 della materia e delle interazioni fondamentali	Obbligatorio
Fisica dello Stato Solido I	FIS/03	unico	6	48	Lezione frontale	B	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale e 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 della materia e delle interazioni fondamentali	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			
Insegnamenti 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.

Modalità: Tutti gli insegnamenti si svolgono con modalità in presenza.

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 della materia e delle interazioni fondamentali	Obbligatorio
Fisica Nucleare	FIS/04	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale e applicativo	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica Nucleare	FIS/01	unico	9	72	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale e 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 della materia e delle interazioni fondamentali	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				

Intelligenza Computazionale <i>(mutuato da LM in Data Science)</i>	INF/01	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.

Modalità: Tutti gli insegnamenti si svolgono con modalità in presenza.

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	Microfisica della materia e delle interazioni fondamentali	Obbligatorio
Fisica Astroparticellare	FIS/01, FIS/04	unico	6	48	Lezione frontale	B	Sperimentale e applicativo	Obbligatorio
Fisica delle Particelle Elementari	FIS/01	unico	9	72	Lezione frontale	B	Sperimentale e applicativo	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale e applicativo	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica delle Particelle	FIS/01	unico	9	96	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale e 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 Fisica	FIS/01 FIS/01,	unico unico		48 48				

dell'Universo Oscuro Fisica della Radiazione Cosmica	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				
Intelligenza Computazionale (mutuato da LM in Data Science)	INF/01	unico		48				
Meccanica Statistica I	FIS/02	unico		48				
Metodi di Apprendimento Automatico per la Fisica	INF/01	unico		48				
Cromodinamica Quantistica 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: Cromodinamica Quantistica Perturbativa ; Teoria Quantistica dei Campi I.

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

Modalità: Tutti gli insegnamenti si svolgono con modalità in presenza.

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 della materia e delle interazioni fondamentali	Obbligatorio
Laboratorio di Fisica	FIS/01	unico	9	84	Lezione frontale e Laboratorio	B	Sperimentale e 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				
Cromodinamica Quantistica 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: Cromodinamica Quantistica 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; Cromodinamica Quantistica 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.

Modalità: Tutti gli insegnamenti si svolgono con modalità in presenza.

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, climatico e spaziale	Obbligatorio
Elettrodinamica Classica	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale	B	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Obbligatorio
Fisica della Terra e dell’atmosfera	FIS/06	unico	6	48	Lezione frontale	B	Astrofisico, geofisico, climatico 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 e applicativo	Obbligatorio
Meccanica del continuo	FIS/06	unico	6	48	Lezione frontale	B	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Obbligatorio
Metodi inversi	FIS/06	unico	6	48	Lezione frontale	B	Astrofisico, geofisico, climatico 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, climatico 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	FIS/02	unico						
Sismologia dei big data	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.

Modalità: Tutti gli insegnamenti si svolgono con modalità in presenza.

ALLEGATO 2

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. 2025 - 2026

SCHEDE INSEGNAMENTI

Modalità: Tutti gli insegnamenti si svolgono con modalità in presenza.

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

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 sismici 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 principi 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; Biofisica delle Radiazioni.			
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: Basi Fisiche della Radioterapia.			
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: FILOSOFIA DELLA CONOSCENZA SCIENTIFICA		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano	
SSD: M-FIL/01		CFU: 6	
Anno di corso: I		Tipologia di Attività Formativa: C	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Filosofia teoretica. Analisi dei concetti di conoscenza, esperienza e natura. Valutazione comparativa della scienza come forma di comprensione della realtà.			
Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di fornire gli elementi chiave per definire il concetto di "conoscenza scientifica". Le competenze principali da acquisire riguardano la capacità di valutare la legittimità delle diverse impostazioni epistemologiche (empirismo, razionalismo, convenzionalismo) adoperate storicamente dai fisici e dai filosofi per interpretare le teorie fisiche e, più in generale, lo stesso concetto di "conoscenza scientifica". Il corso ha altresì l'obiettivo di formare le competenze per valutare in maniera più ampia la "scienza" in relazione alle diverse forme "non-scientifiche" di comprensione della realtà (problema della demarcazione).			
Propedeuticità in ingresso: Nessuna. È sufficiente una conoscenza manualistica dei principali autori e delle maggiori correnti filosofiche.			
Propedeuticità in uscita: Nessuna.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale.			

Insegnamento: FISICA ASTROPARTICELLARE		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: 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, colloidi, 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: FISICA DELLO STATO SOLIDO I		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: 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'adequata 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 principi 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-commutatività 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: Cromodinamica Quantistica 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, Python 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: CROMODINAMICA QUANTISTICA 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 sismici in generale. Il corso fornirà la capacità di apprendimento della simulazione di segnali sismici 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 sismici 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; Cromodinamica Quantistica 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.	
Obiettivi formativi: 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. 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 e altra lingua europea prescelta
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.
Obiettivi formativi: 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. 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.	
Obiettivi formativi: Svolgimento di attività di tirocinio formativo e/o di orientamento coerente con il percorso di studi. 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'idonea 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.).

DIDACTIC REGULATIONS OF THE DEGREE PROGRAM PHYSICS (FISICA)

CLASS LM-17

School: Politecnica e delle Scienze di Base

Department: Physics “Ettore Pancini”

Regulations in force since the academic year 2025 - 2026

ACRONYMS

CCD	[Commissione di Coordinamento Didattico]	Didactic Coordination Commission
CdS	[Corso/i di Studio]	Degree Program
CPDS	[Commissione Paritetica Docenti-Studenti]	Joint Teachers-Students Committee
OFA	[Obblighi Formativi Aggiuntivi]	Additional Training Obligations
SUA-CdS	[Scheda Unica Annuale del Corso di Studio]	Annual single form of the Degree Program
RDA	[Regolamento Didattico di Ateneo]	University Didactic Regulations

INDEX

Art. 1	Object
Art. 2	Training objectives
Art. 3	Professional profile and work opportunities
Art. 4	Admission requirements and knowledge required for access to the Degree Program
Art. 5	Procedures for access to the Degree Program
Art. 6	Teaching activities and Credits
Art. 7	Description of teaching methods
Art. 8	Testing of training activities
Art. 9	Degree Program structure and Study Plan
Art. 10	Attendance requirements
Art. 11	Prerequisites and prior knowledge
Art. 12	Degree Program calendar
Art. 13	Criteria for the recognition of credits earned in other Degree Programs in the same Class.
Art. 14	Criteria for the recognition of credits acquired in Degree Programs of different Classes, in university and university-level Degree Programs, through single courses, at online Universities and in International Degree Programs; criteria for the recognition of credits acquired through extra-curricular activities.
Art. 15	Criteria for enrolment in individual teaching courses
Art. 16	Features and arrangements for the final examination
Art. 17	Guidelines for traineeship and internship
Art. 18	Disqualification of student status
Art. 19	Teaching tasks, including supplementary teaching, guidance, and tutoring activities
Art. 20	Evaluation of the quality of the activities performed
Art. 21	Final rules
Art. 22	Publicity and entry into force

IMPORTANT: When filling in the Didactic Regulations' fields, it is necessary to remember that articles referring to areas in the SUA must contain the exact wording as present in the SUA. If you wish to change part of the text, you must remember that this action involves a change of the Rules or, if the field to be changed is RAD, of the CdS detail sheet.

Art. 1

Object

1. These Didactic Regulations govern the organisational aspects of the CdS in Physics (Fisica) (class LM-17 - FISICA). The CdS in Physics is hinged in the Department of Physics "Ettore Pancini".
2. The CdS is governed by the Didactic Coordination Commission (CCD), pursuant to Art. 4 of the RDA. According to provision 4 of Article 4 of the RDA, the CCD makes use of a subcommittee for student affairs composed by the academic advisors of the curricula along with the Coordinator.
3. The Didactic Regulations are issued in compliance with the relevant legislation in force, the Statute of the University of Naples Federico II, and the RDA.

Art. 2

Training objectives

The MSc Degree Program in Physics aims at providing an advanced cultural education in physics, ensuring:

- a) an in-depth cultural foundation in the fields of macro and microphysics;
- b) a thorough knowledge of modern measurement instruments and data analysis techniques;
- c) a solid understanding of mathematical and computational tools;
- d) a high proficiency in the scientific method of investigation;
- e) an advanced scientific and practical training in the field of physical sciences, with substantial knowledge and skills in at least one of the following disciplinary areas: Astrophysics, Physics Education and History of Physics, Electronics, Applied Physics, Biomedical Physics, Condensed Matter Physics, Nuclear Physics, Subnuclear and Astroparticle Physics, Theoretical Physics, and Geophysics.

The MSc Degree in Physics prepares students for professional activities to be carried out with autonomy and independence. The Degree offers a high level of qualification, combining research and development tasks in industrial and service sectors with a strong scientific and technological foundation (e.g., in electronics, mechanics, chemistry and materials science, energy, telecommunications, medicine, environment, cultural heritage, computer science, data analysis, etc.). The Degree opens to professional fields requiring the ability to analyze and model complex phenomena using scientific methods (e.g., in economics, finance, security, etc.). Also, it allows accessing to third-level educational paths, such as PhD programs and specialization schools in Medical Physics.

The structure of the MSc program is closely connected to the lines of physics research developed at the University, ensuring the achievement of a broad scientific education along with specific expertise in the proposed curricular pathways. To this end, the educational pathway includes a common training on the fundamental aspects of the discipline across all curricula. It focuses on a bulk of core courses mandatory to train highly qualified experts in the disciplinary areas listed in point e). Moreover, activities related to "Further Language Skills" within the "Additional Educational Activities (Art. 10, Paragraph 5, Letter d)" are planned to enhance communication skills in foreign languages. Each curriculum further complements the disciplinary training of the educational pathway with an additional number of credits from core courses, providing adequate preparation in at least one of the disciplinary areas mentioned in point e). The curriculum is selected by the student during the first year, and each curriculum includes a wide and varied range of core activities, covering at least three of the four disciplinary fields of the degree class LM-17 (Experimental and Applied; Theoretical and Fundamental Physics; Microscopic Physics of Matter and Fundamental Interactions; Astrophysical, Geophysical, Climatic, and Space).

Art. 3

Professional profile and work opportunities

- *Professional Profile: Physicist (MSc degree).*
- *Roles in a work context* - The graduates of the MSc Degree Program acquire skills that enable them to carry out professional activities requiring advanced knowledge of experimental physical methodologies, theoretical modeling of physical processes, as well as data analysis and evaluation in various industrial, scientific, and public administration contexts. Roles in a work context may include:

- Design, development, and use of advanced instrumentation for the measurement and/or control of physical quantities in industrial settings (e.g., production process control specialist; laboratory technologist in physical and physico-chemical fields), research (e.g., research associate in universities, research institutions, or company R&D departments), or service sectors (e.g., environmental and radiation monitoring specialist), in the medical field for diagnosis, treatment, and prevention (e.g., radiation protection technologist; expert in diagnostic imaging technologies using ionizing and non-ionizing radiation; specialist in physical technologies for radiotherapy with ionizing radiation), or in health services and technologies (e.g., expert in data analysis methodologies using computational simulations and artificial intelligence).
 - Development of models of physical systems, or inspired to physical systems, in corporate or research contexts and in the medical field of diagnosis, treatment, prevention, and health technologies (e.g., models for the analysis of time series of physical or other parameters/data and definition of a scenario in economic-financial, environmental monitoring, healthcare fields; modeling and simulation with Monte Carlo computational techniques applied to the use of radiation beams, both ionizing and non-ionizing, for diagnostics, physical therapy, and health technologies).
 - Problem-solving for non-standard issues using methodologies like those employed in Physics (e.g. using physical models to describe system responses, etc.).
 - Technical support in various industrial and corporate fields.
 - Development of innovative software related to the functions listed above.
 - Innovation, research, and development in industrial or scientific contexts.
 - Presentation of scientific results, scientific communication, and advanced training of personnel in various fields (e.g., technologist for survey development and analysis, scientific article writer, trainer on aspects related to safety and use of physical and electronic devices, data collection and analysis).
 - Study of complex social issues with a scientific background such as interdisciplinarity, sustainability, inclusion, diversity, identity, and social equity.
- *Competencies associated with the role* - To train the graduate students for the functions described above, the educational pathway is structured into several curricula, providing fundamental physics competencies along with specific knowledge, skills, and abilities related to various functions, including:
- General technical-scientific skills.
 - Advanced and specialized disciplinary competencies in Physics or related fields.
 - General problem-solving and modeling skills.
 - Communication skills, particularly in scientific contexts.
 - Computational skills.
 - Expertise in solving complex problems through theoretical modeling and experimental validation.
 - Competencies in the disciplinary areas mentioned in point e) of section A4.a, including the ability to handle advanced problems in the disciplinary areas of the LM-17 degree class (Experimental and Applied; Theoretical and Fundamental Physics; Microscopic Physics of Matter and Fundamental Interactions; Astrophysical, Geophysical, Climatic, and Space).
 - Proficiency in quantitative, qualitative, and mixed methods, educational data mining, and learning analytics.

- Skills in developing laboratory methods, prototypes, teaching materials (including multimedia), and evaluation tools for outreach and public engagement activities.
 - Expertise in safeguarding, enhancing, and making the historical-scientific heritage publicly accessible, including instrument collections, historical archives, and book funds.
- *Career Opportunities* - Graduates with an MSc in Physics can find employment in public institutions and companies with professional profiles such as:
- Highly qualified employee, often with R&D roles, in technology-based industries and industrial sectors like electronics, mechanics, chemistry and materials, energy, telecommunications, economics, medicine, environment, and cultural heritage.
 - Highly qualified employee in companies in the IT sector (e.g., software development, technology service manager, and website manager).
 - Researcher or technologist in training at universities or research institutions in Italy or abroad, and medical physicist in healthcare facilities.
 - Graduates with sufficient credits in appropriate groups of fields may also be eligible, as provided by current legislation, to take admission tests for secondary education teaching training programs.

Art. 4

Admission requirements and knowledge required for access to the Degree Program¹

Admission to the MSc Degree Program in Physics requires foundational knowledge in classical physics, modern physics, mathematical analysis, algebra, and geometry, typically acquired through a first-level (BSc) degree in the degree class L-30 – Physical Sciences and Technologies. Candidates holding a first-level degree in a different degree class or a qualification obtained abroad and recognized as suitable according to current regulations must have acquired adequate knowledge and skills in the scientific-disciplinary sectors (SSD) characterizing the MSc Degree in Physics.

The curricular requirements for admission are defined as follows:

- a qualifying degree obtained in degree class L-30 Physical Sciences and Technologies;

or:

- another valid first-level degree and at least 60 ECTS credits obtained in the following disciplines:

- i) at least 30 ECTS credits in SSD FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/06, FIS/07;
- ii) at least 12 ECTS credits in SSD MAT/03, MAT/05;
- iii) at least 6 ECTS credits in SSD INF/01, MAT/08, ING-INF/05;

¹ Artt. 7, 13, 14 of the University Didactic Regulations.

iv) at least an additional 12 ECTS credits in SSD FIS or in one of the following SSDs: MAT/07 - Mathematical Physics; CHIM/02 - Physical Chemistry; GEO/10 - Solid Earth Geophysics; GEO/11 - Applied Geophysics; GEO/12 - Oceanography and Atmospheric Physics; ING-IND/06 - Fluid Dynamics; ING-IND/10 - Industrial Technical Physics; ING-IND/12 - Mechanical and Thermal Measurements; ING-IND/13 - Applied Mechanics; ING-IND/18 - Nuclear Reactor Physics; ING-IND/20 - Nuclear Measurements and Instrumentation; ING-IND/22 - Materials Science and Technology; ING-IND/31 - Electrical Engineering; ING-INF/01 - Electronics; ING-INF/02 - Electromagnetic Fields; ING-INF/06 - Electronic and Computer Bioengineering; ING-INF/07 - Electrical and Electronic Measurements; SECS-S/01 - Statistics.

All students are required to undergo an assessment of their personal preparation, with the procedures defined in the academic regulations of the degree program.

Art. 5

Procedures for access to the Degree Program (CdS)

The verification of personal preparation is mandatory in all cases, and only students who meet the curricular requirements may undergo the assessment. Current regulations (Ministerial Decree of 22 October 2004, no. 270, RDA) require the verification of the adequacy of a student's personal preparation for admission to a MSc Degree Program. To successfully pursue the MSc Degree in Physics, students must have adequate knowledge of Physics, Mathematics, Chemistry, and scientific English. Therefore, admission to the MSc Degree Program in Physics is subject to a preliminary evaluation of the student's academic curriculum by a the CCD subcommittee of student affairs, consisting of the academic advisors of the degree curricula and the MSc Coordinator.

Students are exempt from the verification of personal preparation if they meet one of the following conditions:

- 1) A BSc Degree in Physics (L-30 Physical Sciences and Technologies) awarded by University of Naples Federico II or another state university in Italy;
- 2) A first-level degree in a scientific discipline other than Physics awarded by a state university in Italy, with an academic curriculum meeting the following requirements:
 - a) At least 60 ECTS credits obtained in the following disciplines:
 - i) At least 30 ECTS credits in SSD FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/06, FIS/07;
 - ii) At least 12 ECTS credits in SSD MAT/03, MAT/05;
 - iii) At least 6 ECTS credits in SSD INF/01, MAT/08, ING-INF/05;
 - iv) At least an additional 12 ECTS credits in SSD FIS or in one of the following SSDs: MAT/07 - Mathematical Physics; CHIM/02 - Physical Chemistry; GEO/10 - Solid Earth Geophysics; GEO/11 - Applied Geophysics; GEO/12 - Oceanography and Atmospheric Physics; ING-IND/06 - Fluid Dynamics; ING-IND/10 - Industrial Technical Physics; ING-IND/12 - Mechanical and Thermal Measurements; ING-IND/13 - Applied Mechanics; ING-IND/18 - Nuclear Reactor Physics; ING-IND/20 - Nuclear Measurements and Instrumentation; ING-IND/22 - Materials Science and Technology; ING-IND/31 - Electrical Engineering; ING-INF/01 - Electronics; ING-INF/02 - Electromagnetic Fields; ING-INF/06 - Electronic and Computer Bioengineering; ING-INF/07 - Electrical and Electronic Measurements; SECS-S/01 - Statistics.
 - b) A grade point average of at least 27/30 (weighted based on ECTS credits) for exams related exclusively to the disciplines listed above.

Applications from students who do not meet the above criteria are reviewed by the "student practices" subcommittee. The subcommittee assesses whether the candidate possesses the necessary knowledge and skills in foundational mathematics and chemistry, related mathematical and computational disciplines, classical physics, quantum mechanics, laboratory activities, and English language proficiency, based on the student's prior academic documentation and, if necessary, through an interview, written test, and/or practical laboratory assessment. The subcommittee then issues a judgment of suitability that allows enrollment in the MSc Degree Program in Physics. If the candidate is deemed unsuitable, the subcommittee will specify the knowledge and skills that need to be acquired to reach the required level of preparation before enrollment.

Art. 6

Teaching activities and university training credit (Teaching activities and CFU)

Each training activity, prescribed by the CdS detail sheet, is measured in CFU (ECTS credits). Each CFU corresponds to 25 hours of overall training commitment² per student and includes the hours of teaching activities specified in the curriculum as well as the hours reserved for personal study or other individual training activities.

For the Degree Program covered by this Didactic Regulations, the hours of teaching specified in the curriculum for each CFU, established in relation to the type of training activity, are as follows ³:

- Lecture or guided teaching exercises: 8 hours per CFU;
- Laboratory activities or fieldwork: 12 hours per CFU;
-

For internship activities, each credit corresponds to 25 hours of overall training commitment⁴.

The CFU corresponding to each training activity acquired by the student is awarded by satisfying the assessment procedures (examination, pass mark) indicated in the Course sheet relating to the course/activity attached to these Didactic Regulations.

Art. 7

Description of teaching methods

The didactic activity is carried out in Conventional Degree Programs modality.

If necessary, the CCD decides which courses also include teaching activities offered online.

Some courses may also take place in seminar form and/or involve classroom exercises, language, and computer laboratories.

Detailed information on how each course is conducted can be found in the course sheets.

Art. 8

Testing of training activities⁵

1. The CCD, within the prescribed regulatory limits⁶, establishes the number of examinations and other means of assessment that determine the acquisition of credits. Examinations are individual and may consist of written, oral, practical, graphical tests, term papers, interviews, or a combination of these modes.

² According to Art. 5, c. 1 of Italian Ministerial Decree No 270/2004, "25 hours of total commitment per student correspond to university training credits; a ministerial decree may justifiably determine variations above or below the aforementioned hours for individual classes, by a limit of 20 per cent".

³ The number of hours considers the instructions in Art. 6, c. 5 of the RDA: "of the total 25 hours, for each CFU, are reserved: a) 5 to 10 hours for lectures or guided teaching exercises; b) 5 to 10 hours for seminars; c) 8 to 12 hours for laboratory activities or fieldwork, except in the case of training activities with a high experimental or practical content, and subject to different legal provisions or different determinations by DD.MM."

⁴ For Internship activities (Inter-ministerial Decree 142/1998), subject to further specific provisions, the number of working hours equal to 1 CFU may not be less than 25.

⁵ Article 22 of the University Didactic Regulations.

⁶ Pursuant to the DD.MM. 16.3.2007 in each Degree Programs the examinations or profit tests envisaged may not be more than 20 (Bachelor's Degrees; Art. 4, c. 2), 12 (Master's Degrees; Art. 4, c. 2), 30 (five-year single-cycle Degrees) or 36 (six-year single-cycle Degrees; Art. 4, c. 3). Pursuant to the RDA, Art. 13, c. 4, "the assessments that constitute an eligibility evaluation for activities referred to in Art. 10, c. 5, letters c), d), and e) of Ministerial Decree no. 270/2004, including the final examination for obtaining the degree, are excluded from the calculation." For Master's Degree Program and single-cycle Master's Degree Program, however, pursuant to the RDA, Art. 14, c. 7, "the assessments that constitute a progress evaluation for activities referred to in Art.10, c. 5, letters d) and e) of Ministerial Decree no. 270/2004 are excluded from the exam count; the final examination for obtaining the Master's Degree and single-cycle Master's Degree is included in the maximum number of exams".

2. The examination procedures published in the course sheets and the examination schedule will be made known to students before the start of classes on the Department's website.⁷
3. Examinations are held subject to booking, which is made electronically. In case the student is unable to book an exam for reasons that the President of the Board considers justifiable, the student may still be admitted to the examination, following those students already booked.
4. Before examination, the President of the Board of Examiners verifies the identity of the student, who must present a valid photo ID.
5. Examinations are marked out of 30. Examinations involving an assessment out of 30 shall be passed with a minimum mark of 18; a mark of 30 may be accompanied by honours by a unanimous vote of the Board. Examinations are marked out of 30 or with a simple pass mark. Assessments following tests other than examinations are marked out with a simple pass mark.
6. Oral exams are open to the public. If written tests are scheduled, the candidate has the right to see his/her paper(s) after correction.
7. The University Didactic Regulations govern Examination Boards⁸.

Art. 9

Degree Program structure and Study Plan

1. The legal duration of the Degree Program is 2 years. It is also possible to enrol, based on the contract, in compliance with the provisions of Article 24 of the RDA and according to the criteria and procedures defined in the following paragraph 5.]

The student must acquire 120 CFU⁹, attributable to the following Types of Training Activities (TAF):

- B) characterising,
- C) related or complementary,
- D) at the student's choice¹⁰,
- E) for the final exam,
- F) further training activities.

2. The degree is awarded after having acquired 120 CFU by passing examinations, not exceeding 12, and the performance of other training activities.

Unless otherwise provided for in the legal framework of University studies, examinations taken as part of basic, characterising, and related or supplementary activities, as well as activities chosen autonomously by the student (TAF D) are taken into consideration for counting purposes.

⁷ Reference is made to Art. 22, c. 8, of the University Teaching Regulations, which states that "the Department or School ensures that the dates for progress assessments are published on the portal with reasonable advance notice, which normally cannot be less than 60 days before the start of each academic period, and that an adequate period of time is provided for exam registration, which is generally mandatory."

⁸ Reference is made to Art. 22, paragraph 4 of the RDA according to which "Examination Boards and other assessments committees are appointed by the Director of the Department or by the President of the School when provided for in the School's Regulations. This function may be delegated to the CCD Coordinator. The Commissions comprise of the President and, if necessary, other professors or experts in the subject. In the case of active courses, the President is the course instructor, and in such cases, the Board can validly make decisions even in the presence of the President alone. In other cases, the President is a professor identified at the time of the Board's appointment. In the comprehensive evaluation of the overall performance at the conclusion of an integrated course, the professors in charge of the coordinated modules participate, and the President is appointed when the Commission is appointed."

⁹ The total number of CFU for the acquisition of the relevant degree must be understood as follows: six-year single-cycle Degree, 360 CFU; five-year single-cycle Degree, 300 CFU; Bachelor's Degree, 180 CFU; Master's Degree, 120 CFU.

¹⁰ Corresponding to at least 12 ECTS for Bachelor's Degrees and at least 8 CFU for Master's Degrees (Art. 4, c. 3 of Ministerial Decree 16.3.2007).

Examinations or assessments relating to activities independently chosen by the student may be taken into account in the overall calculation corresponding to one unit¹¹. Tests constituting an assessment of suitability for the activities referred to in Article 10, paragraph 5, letters d) and e) of Ministerial Decree 270/2004¹² are excluded from the count. Integrated Courses comprising of two or more modules are subject to a single examination.

3. In order to acquire the CFU relating to independent choice activities, the student is free to choose among all the Courses offered by the University, provided that they are consistent with the training project. This consistency is assessed by the Didactic Coordination Commission. Also, for the acquisition of the CFU relating to autonomous choice activities, the "passing the exam or other form of profit verification" is required (Art. 5, c. 4 of Ministerial Decree 270/2004).
4. The study plan summarises the structure of the Degree Program, listing the envisaged teachings broken down by course year and, in case, by curriculum. At the end, the propedeuticities envisaged by the Degree Program are listed. The study plan offered to students, with an indication of the scientific-disciplinary sectors and the area to which they belong, of the credits, of the type of educational activity, is set out in Annex 1 to these Didactic Regulations.
5. Pursuant to Art. 11, paragraph 4-bis, of Ministerial Decree 270/2004, it is possible to obtain the Degree according to an individual study plan that also includes educational activities different from those specified in the Didactic Regulations, as long as they are consistent with the CdS detail sheet of the academic year of enrollment. The individual study plan is approved by the CCD.

Art. 10

Attendance requirements¹³

1. In general, attendance of lectures is a) strongly recommended but not compulsory. In the case of individual courses with compulsory attendance, this option is indicated in the relative teaching/activity course sheet available in Annex 2.
2. If the lecturer envisages a different syllabus modulation for attending and non-attending students, this is indicated in the individual Course details published on the CdS web page and on the teacher's UniNA website.
3. Attendance at seminar activities that award training credits is compulsory. The relative modalities for the attribution of CFU are the responsibility of the CCD.

¹¹ Pursuant to the D.M. 386/2007.

¹² Art. 10, c. 5 of Ministerial Decree 270/2004: "In addition to the qualifying training activities, as provided for in paragraphs 1, 2 and 3, Degree Programs shall provide for: a) training activities autonomously chosen by the student as long as they are consistent with the training project [TAF D]; b) training activities in one or more disciplinary fields related or complementary to the basic and characterising ones, also with regard to context cultures and interdisciplinary training [TAF C]; c) training activities related to the preparation of the final exam for the achievement of the degree and, with reference to the degree, to the verification of the knowledge of at least one foreign language in addition to Italian [TAF E]; d) training activities, not envisaged in the previous points, aimed at acquiring additional language knowledge, as well as computer and telematic skills, relational skills, or in any case useful for integration in the world of work, as well as training activities aimed at facilitating professional choices, through direct knowledge of the job sector to which the qualification may give access, including, in particular, training and guidance programs referred to in Decree no. 142 of 25 March 1998 of the Ministry of Labour [TAF F]; e) in the hypothesis referred to in Article 3, paragraph 5, training activities relating to internships and apprenticeships with companies, public administrations, public or private entities including those of the third sector, professional orders and colleges, on the basis of appropriate agreements".

¹³ Art. 22, c. 10 of the University Didactic Regulations.

Art. 11

Prerequisites and prior knowledge

1. The list of incoming and outgoing propedeutics (necessary to sit a particular examination) can be found at the end of Annex 1 and in the teaching/activity course sheet (Annex 2).
2. Any prior knowledge deemed necessary is indicated in the individual Teaching Schedule published on the course webpage and on the teacher's UniNA website.

Art. 12

Degree Program Calendar

The Degree Program calendar can be found on the Department's website well before the start of the activities (Art. 21, c. 5 of the RDA).

Art. 13

Criteria for the recognition of credits earned in other Degree Programs in the same Class¹⁴

For students coming from Degree Programs of the same Class, the Didactic Coordination Commission ensures the full recognition of CFU, when associated with activities that are culturally compatible with the training Degree Program, acquired by the student at the originating Degree Program, according to the criteria outlined in Article 14 below. Failure to recognise credits must be adequately justified. It is without prejudice to the fact that the number of credits relating to the same scientific-disciplinary sector directly recognised by the student may not be less than 50% of those previously achieved.

Article 14

Criteria for the recognition of credits acquired in Degree Programs of different classes, in university or university-level Degree Programs, through single courses, at online Universities and in international Degree Programs¹⁵; criteria for the recognition of credits acquired in extra-curricular activities

1. With regard to the criteria for the recognition of CFU acquired in Degree Programs of different Classes, in university or university-level Degree Programs, through single courses, at online Universities and in International Degree Programs, the credits acquired are recognised by the CCD on the basis of the following criteria:
 - analysis of the activities carried out;
 - evaluation of the congruity of the disciplinary scientific sectors and of the contents of the training activities in which the student has earned credits with the specific training objectives of the Degree Program and of the individual training activities to be recognised.

Recognition is carried out up to the number of credits envisaged by the didactic system of the Degree Program. Failure to recognise credits must be adequately justified. Pursuant to Art. 5, c. 5-bis, of Ministerial Decree 270/2004, it is also possible to acquire CFU at other Italian universities on the basis of agreements established between the concerned institutions, in accordance with the regulations current at the time ¹⁶.

¹⁴ Art. 19 of the University Didactic Regulations.

¹⁵ Art. 19 and Art. 27, c.6 of the University Didactic Regulations.

¹⁶ Art. 6, c. 9 of the University Didactic Regulations.

2. Any recognition of CFU relating to examinations passed as single courses may take place within the limit of 36 CFU, upon request of the interested party and following the approval of the CCD. Recognition may not contribute to the reduction of the legal duration of the Degree Program, as determined by Art. 8, c. 2 of Ministerial Decree 270/2004, except for students who enrol while already in possession of a degree of the same level¹⁷.
3. With regard to the criteria for the recognition of CFU acquired in extra-curricular activities, within the limit of 12 CFU the following activities may be recognised:
 - Professional knowledge, skills, and certified skills, taking into account the congruence of the activity carried out and/or of the certified skill with the aims and objectives of the Degree Program as well as the hourly commitment of the duration of the activity.
 - Knowledge and skills acquired in post-secondary-level training activities, which the University contributed to developing and implementing.

Art. 15

Criteria for enrolment in individual teaching courses

Enrolment in individual teaching courses, provided for by the University Didactic Regulations¹⁸, is governed by the "University Regulations for enrolment in individual teaching courses activated as part of the Degree Program"¹⁹.

Article 16

Features and modalities for the final examination

The MSc Degree Examination consists in the presentation and defense of a thesis (dissertation) in front of an appointed committee. The thesis is prepared under the supervision of a faculty advisor and must be an original written work that addresses a specific problem (theoretical, experimental, or technological in nature) relevant to research in the field of modern physics and its applications, or in an interdisciplinary field employing methodologies typical of Physics.

The CCD (Didactic Coordination Committee) establishes the procedures for the assignment and completion of the MSc thesis, the regulations for admission to the degree examination, the methods for conducting the degree examination, and the evaluation criteria for the awarding of the MSc Degree in Physics (LM) at the University of Naples Federico II, through its own regulations.

Upon passing the MSc Degree Examination, the student is awarded the title of "MSc Degree in Physics (Dottore Magistrale)" regardless of the chosen curriculum and/or study plan, with any specific mention reflected in the student's academic record.

Article 17

Guidelines for traineeship and internship

1. Students enrolled in the Degree Program may decide to carry out internships or training periods with organisations or companies that have an agreement with the University. Traineeship and internship are not compulsory and contribute to the award of credits for the other training activities chosen by the student and included in the study plan, as provided for by Art. 10, par. 5, letters d and e, of Ministerial Decree 270/2004²⁰.
2. The CCD regulates the modalities and characteristics of traineeship and internship with specific regulations.

¹⁷ Art. 19, c. 4 of the University Didactic Regulations.

¹⁸ Art. 19, c. 4 of the University Didactic Regulations.

¹⁹ R.D. No. 348/2021.

²⁰ Traineeships ex letter d can be both internal and external; traineeships ex letter e can only be external.

3. The University of Naples Federico II, through “Scuola Politecnica e delle Scienze di Base”, ensures constant contact with the world of work to offer students and graduates of the University concrete opportunities for internships and work experience and to promote their professional integration.

Article 18

Disqualification of student status²¹

A student who has not taken any examinations for eight consecutive academic years incurs forfeiture unless his/her contract stipulates otherwise. In any case, forfeiture shall be notified to the student by certified e-mail or other suitable means attesting to its receipt.

Article 19

Teaching tasks, including supplementary teaching, guidance, and tutoring activities

1. Professors and researchers carry out the teaching load assigned to them in accordance with the provisions of the RDA and the Regulations on the teaching and student service duties of professors and researchers and on the procedures for self-certification and verification of actual performance²².
2. Professors and researchers must guarantee at least two hours of reception every 15 days (or by appointment in any case granted no longer than 15 days) and, in any case, guarantee availability by e-mail.
3. The tutoring service has the task of orienting and assisting students throughout their studies and of removing the obstacles that prevent them from adequately benefiting from attending courses, also through initiatives tailored to the needs and aptitudes of individuals.
4. The University ensures guidance, tutoring and assistance services and activities to welcome and support students. These activities are organised by the Schools and/or Departments under the coordination of the University, as established by the RDA in Article 8.

Article 20

Evaluation of the quality of the activities performed

1. The Didactic Coordination Commission implements all the quality assessment forms of teaching activities envisaged by the regulations in force according to the indications provided by the University Quality Presidium.
2. In order to guarantee the quality of teaching to the students and to identify the needs of the students and all stakeholders, the University of Naples Federico II uses the Quality Assurance (QA)²³ System, developed in accordance with the document "Self-evaluation, Evaluation and Accreditation of the Italian University System" of ANVUR, using:
 - surveys on the degree of placement of graduates into the world of work and on post-graduate needs;
 - data extracted from the administration of the questionnaire to assess student satisfaction for each course in the curriculum, with questions relating to the way the course is conducted, teaching materials, teaching aids, organisation, facilities.

²¹ Art. 24, c. 5 of the University Didactic Regulations.

²² R.D No. 2482//2020.

²³ The Quality Assurance System, based on a process approach and adequately documented, is designed in such a way as to identify the needs of the students and all stakeholders, and then translate them into requirements that the training offer must meet.

The requirements deriving from the analysis of student satisfaction data, discussed, and analysed by the Teaching Coordination Committee and the Joint Teachers' and Students' Committee (CPDS), are included among the input data in the service design process and/or among the quality objectives.

3. The QA System developed by the University implements a process of continuous improvement of the objectives and of the appropriate tools to achieve them, ensuring that planning, monitoring, and self-assessment processes are activated in all the structures to allow the prompt detection of problems, their adequate investigation, and the design of possible solutions.

Article 21

Final Rules

The Department Council, on the proposal of the CCD, submits any proposals to amend and/or supplement these Rules for consideration by the Academic Senate.

Article 22

Publicity and Entry into Force

1. These Rules and Regulations shall enter into force on the day following their publication on the University's official notice board; they shall also be published on the University website. The same forms and methods of publicity shall be used for subsequent amendments and additions.
2. Annex 1 (CdS structure) and Annex 2 (Teaching/Activity course sheet) are integral parts of this Didactic Regulations.

ANNEX 1

DEGREE PROGRAM DIDACTIC REGULATIONS FISICA (PHYSICS)

CLASS LM-17

School: Politecnica e delle Scienze di Base

Department: Fisica "Ettore Pancini"

Didactic regulations in force since the academic year 2025 - 2026

STUDY PLAN

KEY

Type of Educational Activity (TAF):

B = Characterising

C = Related or Supplementary

D = At the student's choice

E = Final examination and language knowledge

F = Further training activities

CURRICULUM ASTROPHYSICS

The "Astrophysics" curriculum, in addition to the general objectives of the MSc Degree Program in Physics, aims specifically at providing graduates with an in-depth knowledge in at least one disciplinary area of astrophysics, such as cosmology and extragalactic astronomy e.g., or the experimental techniques of modern astrophysics. Furthermore, it aims at developing the ability to apply this knowledge in professional contexts related to astrophysical research or in the development of advanced software and hardware technologies, even in the industrial sector.

I Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (lecture, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Astrophysics	FIS/05	single	9	72	Frontal lesson	B	Astrophysics, geophysics, climate, and space	Mandatory
Cosmology	FIS/05	single	6	48	Frontal lesson	B	Astrophysics, geophysics, climate, and space	Mandatory
Classical Electrodynamics	FIS/03	single	9	72	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Physics of Galaxies	FIS/05	single	6	48	Frontal lesson	B	Astrophysics, geophysics, climate, and space	Mandatory

Quantum Physics	FIS/02	single	6	48	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Physics Laboratory	FIS/01	single	9	84	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5 lett d) –	-		4	-	-	F	Further language skills	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5 lett d)	-		2	-	-		-	Mandatory
II Anno								
Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Ambito disciplinare	Mandatory /optional
High-Energy Astrophysics	FIS/05	single	6	48	Frontal lesson	B	Astrophysics, geophysics, climate, and space	Mandatory
Astroinformatics	FIS/05	single	12	48	Frontal lesson	C	-	Mandatory (two of your choices)
Multimessenger Astrophysics	FIS/05							
Complements of Cosmology	FIS/05							
Stellar Evolution	FIS/05							
Philosophy of Scientific Knowledge	M-FIL/01							
Physics of Stellar Atmospheres	FIS/05							
Laboratory of Astrophysics	FIS/05							
Planetology	FIS/05							
History of Astronomy	FIS/05							
At the student’s choice	-	single	12	96	Frontal lesson	D	-	Mandatory
Final examination	-	single	39	-	-	E	-	Mandatory

List of propaedeuticities

The Astrophysics course is a prerequisite for: High-Energy Astrophysics, Multimessenger Astrophysics, Cosmology, Cosmology Complements, Stellar Evolution, Physics of Galaxies, Astrophysics Laboratory, and Planetology.

The course in Cosmology is a prerequisite for: Cosmology Complements.

Course Modalities: All courses are taken in person.

CURRICULUM PHYSICS EDUCATION AND HISTORY OF PHYSICS

The “Physics Education and History of Physics” curriculum aims at training professionals with expertise in research methodologies in physics education and history of Physics, as well as in educational technologies for Physics. The graduate student will be capable of designing, delivering, and validating educational pathways based on the theoretical and experimental foundations of research in Physics education and history of Physics. They will also be proficient in evaluation methodologies and skilled in designing and using investigative tools, including the latest statistical analysis techniques (e.g., educational data mining). The acquired skills will enable the graduate student to manage software and hardware environments relevant to education. The developed competencies will be useful in various fields, including teaching (both in schools and universities), research (educational, historical, socio-scientific, complex systems, etc.), design of innovative tools for dissemination and education (software, hardware), and scientific communication.

I Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Ambito disciplinare	Mandatory /optional
Physics Education	FIS/08	single	9	72	Frontal lesson and laboratory	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Classical Electrodynamics	FIS/03	single	9	72	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Quantum Physics	FIS/02	single	6	48	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Physics Laboratory	FIS/01	single	9	84	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Didactical Design for Physics	FIS/08	single	6	48	Laboratory workshop	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory (one of your choices)
Design of Educational Activities (<i>borrowed from MSc in Mathematics</i>)								
History of Classical Physics	FIS/08	single	6	48	Frontal lesson	C	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory (one of your choices)
History of Modern Physics								
Further training activities (art. 10 comma 5 lett d)	-		4	-	-	F	Further language skills	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5 lett d)	-		2	-	-		-	Mandatory

II Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Didactics of Modern Physics	FIS/08	single	6	48	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Research Methods in Physics Education	FIS/08	single	6	48	Frontal lesson	C	-	Mandatory (one of your choices)
Educational Technologies for Physics Teaching								
Didactics of Mathematics <i>(borrowed from MSc in Mathematics)</i>	MAT/04	single	6	48	Frontal lesson	C	-	Mandatory (one of your choices)
STEM Education	FIS/08							
Philosophy of Scientific Knowledge	M-FIL/01							
Physics and Philosophy	FIS/08							
History of Astronomy	FIS/05							
At the student's choice	-	single	12	96	Frontal lesson	D	-	Mandatory
Final examination	-	single	39	-	-	E	-	Mandatory

List of propaedeuticities

The course in Physics Education is a prerequisite for: Didactics of Modern Physics.

Course Modalities: All courses are taken in person.

CURRICULUM ELECTRONICS

The "Electronics" curriculum of the Master's Degree Program in Physics aims to train professionals capable of contributing to the scientific and technological development of experimental apparatus for physical measurements in research and industry through the design of electronic instruments for data acquisition, processing, and control. Graduates in Physics with a specialization in the Electronics Curriculum will be able to design, simulate, and implement original architectures of electronic systems for physical applications, employing the most innovative design and analysis techniques. They will have the opportunity to study, use, and apply the latest technologies in analog and digital electronic devices, with a particular focus on reconfigurable and programmable components, such as Field Programmable Gate Arrays (FPGA) and microprocessors. The Curriculum also includes educational pathways that allow for an in-depth study of digital signal processing, sensors and data acquisition, integrated digital electronics, and analog electronics. The proposed Curriculum includes laboratory activities focused not only on experimental methodologies, measurement, and data processing but also, in particular, on the design and implementation of electronic measurement and data acquisition systems, including those based on FPGA and microprocessors.

I Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Classical Electrodynamics	FIS/03	single	9	72	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Digital Electronics	FIS/01	single	6	48	Frontal lesson	B	Experimental and applied	Mandatory
Solid State Physics I	FIS/03	single	6	48	Frontal lesson	C	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Electronics Fundamentals	FIS/01	single	6	48	Frontal lesson	B	Experimental and applied	Mandatory
Physics Laboratory	FIS/01	single	9	84	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Quantum Mechanics	FIS/02	single	9	72	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-		4	-	-	F	Further language skills	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-		2	-	-			

II Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Integrated Systems Architecture (<i>borrowed from MSc in Electronic Engineering</i>)	ING-INF/01	single	9	72	Frontal lesson	C	-	Mandatory (one of your choices)

Digital Systems Laboratory	FIS/01	single	9	72	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
At the student's choice	-	single	12	96	Frontal lesson	D	-	Mandatory
Final examination	-	single	39	-	-	E	-	Mandatory

List of propaedeuticities

None.

Course Modalities: All courses are taken in person.

CURRICULUM BIOMEDICAL PHYSICS

Graduates of the MSc Degree Program in Physics, with a specialization in “Biomedical Physics”, will:

- Acquire knowledge of the physical methodologies (theoretical and experimental) necessary for describing and understanding the living matter in the biological and medical context;
- Gain in-depth knowledge of the development and use of instruments required for the control and detection of physical phenomena in the fields of prevention, diagnosis, and treatment;
- Be able to apply the specific knowledge acquired in modeling, radiation biophysics, physical techniques related to biomedical diagnostics, biomedical image analysis, and the measurement of ionizing radiation in medical physics and environmental contexts.

In terms of postgraduate education, graduates will be eligible to pursue PhD programs and the Specialization School of Medical Physics. For the latter, some of the credits earned may be recognized, subject to approval by the School's Academic Board.

To achieve these objectives, the curriculum in Biomedical Physics:

- Includes activities aimed at acquiring specialized knowledge and skills in imaging, biophysics, and medical physics;
- Provides laboratory activities focused on learning experimental methodologies, data measurements and processing, and, in particular, the use of modern biomedical instrumentation.

I Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Ore	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Radiation Dosimetry	FIS/07	single	6	52	Frontal lesson and laboratory workshop	C	-	Mandatory
Radiation Biophysics	FIS/07	single	6	52	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Classical Electrodynamics	FIS/03	single	9	72	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Medical Physics	FIS/07	single	6	48	Frontal lesson	B	Experimental and applied	Mandatory
Physics Laboratory	FIS/01	single	9	84	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Quantum Mechanics	FIS/02	single	9	72	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-		4	-	-	F	Further language skills	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-		2		-			

II Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
--------------	-----	--------	---------	-------	---	-----	-------------------	---------------------

Laboratory of Medical Physics	FIS/07	single	6	64	Frontal lesson and Workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Physical Basis of Magnetic Resonance	FIS/07	single	6	52	Frontal lesson	C	-	Mandatory (One of your choices)
Radiotherapy Physics								
Digital Image Processing								
Environmental Radioactivity								
Further training activities (art. 10 comma 5, letter a d)	-	single	6	150	Learning and orientation traineeship	F	-	Mandatory
At the student's choice	-	single	12	96	Frontal lesson	D	-	Mandatory
Final examination	-	single	39	-	-	E	-	Mandatory

List of propaedeutics

None.

Course Modalities: All courses are taken in person.

CURRICULUM PHYSICS OF MATTER

The “Physics of Matter” curriculum, in addition to the general objectives of the MSc Degree Program in Physics, specifically aims at providing graduates with an in-depth knowledge of at least one disciplinary area of physics of matter. This may include, for example, solid-state physics, including semiconductors and nanostructured systems, superconductors and other strongly correlated materials, soft condensed matter physics, including polymers, liquid crystals, and biological systems, atomic and molecular physics, as well as modern optics and photonics. Graduates will also acquire the ability to apply this specific knowledge in professional contexts related to the development and application of advanced technologies. Examples include industrial sectors such as semiconductors, information and communication technology, optoelectronics, new materials, and advanced diagnostic techniques, with a high level of autonomy and the ability to tackle and solve complex, non-standard problems.

I Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Classical Electrodynamics	FIS/03	single	9	72	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Solid State Physics I	FIS/03	single	6	48	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Physics Laboratory	FIS/01	single	9	84	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Quantum Mechanics	FIS/02	single	9	72	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Statistical Mechanics I	FIS/02	single	6	48	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
At the student's choice	-	single	6	48	-	D	-	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-	-	4	-	-	F	Further language skills	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-	-	2	-	-			Mandatory

II Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Laboratory of Modern Optics	FIS/03	single	6	56	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory (one of your choices)
Many-Body Quantum Theory	FIS/03			48	Frontal lesson			
Experimental Methods for Nanotechnologies and Condensed Matter Physics	FIS/03			56	Frontal lesson and laboratory workshop			

Biophotonics	FIS/03	single	18	48	Frontal lesson	C	-	Mandatory (tre of your choices)
Quantum Phases of Matter	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
Plasma Physics	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
Soft Matter Physics	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
Solid State Physics II	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
Fundamentals of nanomagnetism and applications	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
Photonics	FIS/03	single		48	Frontal lesson and laboratory workshop			
Materials Computational Modelling	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
Quantum Optics and Information	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
Modern Optics	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
Quantum Open Systems	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
Optical Spectroscopy	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
Superconducting Quantum Technologies	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
Computational Thermodynamics	FIS/03	single		48	Frontal lesson			
At the student's choice	-	single	6	48	Frontal lesson	D	-	Mandatory
Final examination	-	single	39	-	-	E	-	Mandatory

List of propaedeuticities

The course in Solid State Physics I is a prerequisite for: Solid State Physics II; Materials Computational Modelling.

The course in Quantum Mechanics is a prerequisite for: Quantum Open Systems.

Course Modalities: All courses are taken in person.

CURRICULUM NUCLEAR PHYSICS

The "Nuclear Physics" curriculum of the MSc Degree Program in Physics has the following educational objectives:

- To provide an in-depth knowledge of the latest developments in Nuclear Physics in its various aspects (theoretical, experimental, and applied) and related interdisciplinary topics. This level of knowledge will enable graduates to engage in both fundamental and applied research activities, as well as in the productive sectors;
- To acquire advanced skills in computer science, with a particular focus on computational and data analysis aspects, which are also common to other fields of scientific research, facilitating their integration into activities beyond the nuclear field;
- To gain advanced knowledge of experimental methodologies, including the development and use of advanced instrumentation and measurement apparatus, enabling graduates to make innovative and managerial contributions to both fundamental and applied research, as well as to productive and public utility activities, such as the production and study of new materials, environmental risk prevention and control, analysis in the field of cultural heritage, and radiation protection.

I Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Classical Electrodynamics	FIS/03	single	9	72	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Nuclear Physics	FIS/04	single	9	72	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Physics Laboratory	FIS/01	single	9	84	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Laboratory of Nuclear Physics	FIS/01	single	9	72	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Quantum Mechanics	FIS/02	single	9	72	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-	-	4	-	-	F	Further language skills	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-	-	2	-	-	F	-	-

II Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Nuclear Reactions	FIS/04	single	6	48	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Nuclear Astrophysics	FIS/01, FIS/04	single	12	48	Frontal lesson	C	-	Mandatory (two of your

Physics of Exotic Nuclei	FIS/04	single		48				choices)
Nuclear Physics for Environment and Cultural Heritage	FIS/01, FIS/04	single		48				
Computational Intelligence (<i>borrowed from MSc in Data Science</i>)	INF/01	single		48				
Statistical Mechanics I	FIS/02	single		48				
Machine Learning Methods for Physics	INF/01	single		48				
Nuclear Measurements	FIS/01, FIS/04	single		48				
Theory of Nuclear Structure	FIS/04	single		48				
At the student's choice	-	single	12	96	Frontal lesson	D	-	Mandatory
Final examination	-	single	39	-	-	E	-	Mandatory

List of propaedeuticities

The course in Nuclear Physics is a prerequisite for: Physics of Exotic Nuclei; Nuclear Structure Theory.

The course in Nuclear Reactions is a prerequisite for: Physics of Exotic Nuclei.

Course Modalities: All courses are taken in person.

CURRICULUM SUBNUCLEAR AND ASTROPARTICLE PHYSICS

The "Subnuclear and Astroparticle Physics" curriculum of the MSc Degree Program in Physics has the following educational objectives:

- To provide an in-depth understanding of the latest experimental topics in subnuclear and astroparticle physics and related interdisciplinary issues. This knowledge will enable graduates to effectively engage in both fundamental and applied research activities;
- To acquire advanced knowledge of experimental methodologies, including the design, development, and use of sophisticated instrumentation and measurement systems, allowing graduates to contribute significantly to both fundamental and applied research as well as to productive or public utility activities;
- To develop advanced skills in computer science, with a focus on data analysis, the control and monitoring of complex instrumentation systems, and the management of advanced computing systems and networks, facilitating productive engagement in a wide range of activities beyond specifically research-oriented tasks;
- To acquire a work methodology based on solid foundational knowledge, flexibility, initiative, and collaboration in the workplace, enabling graduates to constructively integrate into a broad spectrum of activities related to both fundamental and applied research as well as to productive sectors.

I Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Classical Electrodynamics	FIS/03	single	9	72	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Astroparticle Physics	FIS/01, FIS/04	single	6	48	Frontal lesson	B	Experimental and applied	Mandatory
Particle Physics	FIS/01	single	9	72	Frontal lesson	B	Experimental and applied	Mandatory
Physics Laboratory	FIS/01	single	9	84	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Particle Physics Laboratory	FIS/01	single	9	96	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Quantum Mechanics	FIS/02	single	9	72	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-		4	-	-	F	Further language skills	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-		2	-	-	F	-	-

II Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Data Analysis in Subnuclear Physics	FIS/01	single	12	48	Frontal lesson	C	-	Mandatory (two of your choices)
Nuclear Astrophysics	FIS/01	single		48				
Digital Electronics	FIS/01	single		48				

Flavor Physics	FIS/01	single		48				
Physics of the Dark Universe	FIS/01, FIS/04	single		48				
Physics of Cosmic Radiation	FIS/01, FIS/04	single		48				
Experimental Standard Model Physics	FIS/01	single		48				
Experimental Gravitational Physics	FIS/01	single		48				
Theoretical Physics of Fundamental Interactions	FIS/02	single		48				
Electronics Fundamentals	FIS/01	single		48				
Computational Intelligence (<i>borrowed from MSc in Data Science</i>)	INF/01	single		48				
Statistical Mechanics I	FIS/02	single		48				
Machine Learning Methods for Physics	INF/01	single		48				
Perturbative QCD	FIS/02	single		48				
Sensors, detectors and related electronics	FIS/01	single		48				
Techniques for particle acceleration	FIS/01, FIS/03	single		48				
Experimental techniques in Particle Physics	FIS/01	single		48				
Quantum Field Theory I	FIS/02	single		48				
At the student's choice	-	single	12	96	Frontal lesson	D	-	Mandatory
Final examination	-	single	39	-	-	E	-	Mandatory

List of propaedeuticities

The course in Classical Electrodynamics is a prerequisite for: Quantum Field Theory I.

The course in Quantum Mechanics is a prerequisite for: Perturbative QCD; Quantum Field Theory I.

The course in Quantum Field Theory I is a prerequisite for: Theoretical Physics of Fundamental Interactions; Perturbative QCD.

Course Modalities: All courses are taken in person.

CURRICULUM THEORETICAL PHYSICS

The "Theoretical Physics" curriculum of the MSc Degree Program in Physics aims at developing individuals with an in-depth understanding of the key topics in modern theoretical physics and proficiency in contemporary techniques for solving related problems. Graduates of the MSc Degree Program in Physics, specializing in "Theoretical Physics," will acquire specific skills to use their knowledge for interpreting and predicting the behavior of complex systems. Graduates will be prepared to join research groups in public or private institutions or to apply their modeling skills in other professional environments.

I Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Complements of Mathematical Methods of Physics	FIS/02	single	6	48	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Classical Electrodynamics	FIS/03	single	9	72	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Physics Laboratory	FIS/01	single	9	84	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Quantum Mechanics	FIS/02	single	9	72	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Quantum Field Theory I	FIS/02	single	6	48	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Numerical Methods of Physics	FIS/02	single	6	48	Frontal lesson	C		Mandatory (one of your choices)
Models of Biological Systems								
General Relativity and Gravitation								
Statistical Mechanics I	FIS/02	single	6	48	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory (one of your choices)
Statistical Mechanics II								
Further training activities (art. 10 comma 5)	-		4	-	-	F	Further language skills	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-		2	-	-	F	-	-

II Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Phenomenology of Elementary Particles	FIS/02	single	12	48	Frontal lesson	C	-	Mandatory (two of your choices)
Theoretical Astroparticle	FIS/02	single		48				

Physics								
Theoretical Physics of Fundamental Interactions	FIS/02	single		48				
Introduction to Quantum Gravity	FIS/02	single		48				
Models of Biological Systems	FIS/02	single		48				
Perturbative QCD	FIS/02	single		48				
Complex Systems	FIS/02	single		48				
Classical Field Theory	FIS/02	single		48				
Group Theory and Applications	FIS/02	single		48				
String Theory	FIS/02	single		48				
Theory of Quantum Information	FIS/02	single		48		C		
Quantum Field Theory II	FIS/02	single		48				
Quantum Theory of Measurement	FIS/02	single		48				
At the student's choice	-	single	12	96	Frontal lesson	D	-	Mandatory
Final examination	-	single	39	-	-	E	-	Mandatory

List of propaedeuticities

The course in Classical Electrodynamics is a prerequisite for: Classical Field Theory, Quantum Field Theory I.

The course in Quantum Mechanics is a prerequisite for: Perturbative QCD; Group Theory and Applications; Quantum Information Theory; Quantum Field Theory I; Quantum Theory of Measurement.

The course in Quantum Field Theory I is a prerequisite for: Phenomenology of Elementary Particles; Theoretical Astroparticle Physics; Theoretical Physics of Fundamental Interactions; Introduction to Quantum Gravity; Perturbative QCD; Quantum Field Theory II; String Theory.

The course in General Relativity and Gravitation is a prerequisite for: Theoretical Astroparticle Physics; Introduction to Quantum Gravity; String Theory.

Course Modalities: All courses are taken in person.

CURRICULUM GEOPHYSICS

In addition to the general objectives of the MSc Degree Program in Physics, the "Geophysics" curriculum aims at achieving the following educational objectives:

- To provide a solid cultural background in both theoretical and applied geophysics, along with an in-depth understanding of modern instrumentation and techniques for acquiring, processing, and interpreting geophysical data;
- To ensure comprehensive mastery of methods for monitoring, classifying, and modeling complex dynamic phenomena at planetary, continental, regional, and local scales;
- To develop advanced scientific and operational expertise for improving and developing methods for geophysical exploration of the subsurface and studying the physical parameters of rocks.

Graduates of the MSc Degree Program in Physics, specializing in Geophysics, will be prepared to engage in activities such as promoting and developing scientific and technological innovations in Earth Science field, as well as managing and designing technologies and methodologies for analysis in related sectors, including industry, cultural heritage, civil engineering, environment, and land management. Graduates may find employment in observatories and research institutions focused on fundamental and applied research, natural and environmental risk prevention and control, and other areas of significant utility, such as the exploration and exploitation of natural resources, land management, non-invasive analysis in cultural heritage, design of instrumentation for geophysical exploration of the subsurface and monitoring of natural phenomena, and applied computing in Earth Science.

I Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (Frontal lesson, workshop, etc.)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /optional
Signal Processing and Analysis	FIS/01, FIS/06, FIS/07	single	6	52	Frontal lesson and laboratory workshop	C	Astrophysics, geophysics, climate, and space	Mandatory
Classical Electrodynamics	FIS/03	single	9	72	Frontal lesson	B	Microphysics of Matter and of fundamental interactions	Mandatory
Earth and Atmospheric Physics	FIS/06	single	6	48	Frontal lesson	B	Astrophysics, geophysics, climate, and space	Mandatory
Quantum Physics	FIS/02	single	6	48	Frontal lesson	B	Theoretical and fundamental Physics	Mandatory
Physics Laboratory	FIS/01	single	9	84	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Experimental and applied	Mandatory
Continuum Mechanics	FIS/06	single	6	48	Frontal lesson	B	Astrophysics, geophysics, climate, and space	Mandatory
Inversion Methods	FIS/06	single	6	48	Frontal lesson	B	Astrophysics, geophysics, climate, and space	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-		4	-	-	F	Further language skills	Mandatory
Further training activities (art. 10 comma 5)	-		2	-	-	F	-	-

II Anno

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities (<i>Frontal lesson, workshop, etc.</i>)	TAF	Disciplinary Area	Mandatory /of your choices
Seismology	FIS/06	single	9	72	Frontal lesson and laboratory workshop	B	Astrophysics, geophysics, climate, and space	Mandatory
Complements of Mathematical Methods	FIS/02	single	6	48	Frontal lesson	C		Mandatory (one of your choices)
Applied Geophysics	GEO/11	single						
Introduction to Volcano and Non Standard Seismology	FIS/06	single						
Statistical Mechanics I	FIS/02	single						
Mathematical Methods for Geophysics	FIS/02	single						
Big Data Seismology	FIS/06	single						
Computational Thermodynamics	FIS/03	single						
At the student's choice	-	single	12	96	Frontal lesson	D	-	Mandatory
Final examination	-	single	39	-	-	E	-	Mandatory

List of propaedeuticities

None.

Course Modalities: All courses are taken in person.

ANNEX 1

DEGREE PROGRAM DIDACTIC REGULATIONS FISICA (PHYSICS)

CLASS LM-17

School: Politecnica e delle Scienze di Base

Department: Fisica “Ettore Pancini”

Didactic regulations in force since the academic year 2025 - 2026

COURSES SHEETS

Course Modality: All courses are taken in person.

KEY

Type of Educational Activity (TAF):

- B = Characterising
- C = Related or Supplementary
- D = At the student's choice
- E = Final examination and language knowledge
- F = Further training activities

Course: Applied Geophysics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): GEO/11		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course the methodologies of data measurement and acquisition for the determination of the subsoil physical characteristics will be described. The same attention will be devoted to the methods for data processing, modeling, and interpretation.			
Learning objectives: The course aims at providing an adequate knowledge of the physical methods of investigation of the subsoil, of the theory and experiments of geophysical prospecting, as well as of data processing and interpretation techniques. Students will be prepared to critically and independently tackle more advanced studies on the subject, as well as to develop simple feasibility projects for geophysical investigation. - The student will develop the problems related to the different geophysical methods and will have to discuss the geophysical data in relation to the different application contexts and the main characteristics of the inherent methods. - The student will process the data correctly and will interpret the data processed in a geological, environmental, engineering, archaeological key. - The student will independently evaluate the correctness of the methods used and the quality of the data acquired in relation to the objectives of the study. He will be able to present the main results of the data analysis in the form of a written report. - The student will be able to explain to non-experts the physical principles underlying the geophysical survey methodologies and to communicate with an appropriate language the basic principles of geophysical methods and their application, with limitations and possible extensions, to specific cases.			

- The student will autonomously expand its knowledge with texts, scientific articles and research and will attend specialized seminars, conferences and masters, in the field of methodologies and case studies in the applied geophysical field.
Propaedeuticities: none. A good knowledge of the basic concepts of potential field theory, electromagnetism, geometrical optics, and basic numerical computation (MATLAB) and linear algebra.
Is a propaedeuticity for: none.
Types of examinations and other tests: oral exam.

Course: Astroinformatics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/05	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the skills necessary for the theoretical and observational study of astronomical and astrophysical phenomena, i.e. celestial bodies and systems of celestial bodies, cosmology, the physics of self-gravitating systems and gravitation, especially in its classical, statistical-mechanical and computational aspects, as well as space and cosmic physics.	
Learning objectives: The course addresses in a multidisciplinary way the main theoretical and practical aspects underlying the virtuous synergy between Astrophysics, Data Science and Machine Learning. The ultimate aim is to train young astrophysicists in scientific investigation through the paradigm of 'data-driven' exploration, i.e. allowing themselves to be 'guided by the data', acquiring the ability to analyze, understand, correlate, process and make large volumes of data, heterogeneous and characterized by complex parameter spaces, interoperable in a semi-automatic way. The various topics proposed are formalized theoretically and assimilated through practical examples of Python implementation in a multi-tasking environment and the execution of use cases in the astrophysical field, enabling the student to learn the underlying methodology and to transfer it to other areas of scientific and industrial research. The collegial analytical discussion of the presented use cases is able to stimulate personal interest in various areas of Astrophysics as well as learning the collaborative approach on a single scientific project.	
Propaedeuticities: None Is a propaedeuticity for: None	
Types of examinations and other tests: Realization of a project and oral examination.	

Course: Astroparticle Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/01, FIS/04	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data. The competences of this subject area also cover research in the fields of physics related to nuclear reactors and radiogenic sources in general, as well as in the fields of nuclear electronics, radioactivity and particle physics of cosmic origin.	
Objectives: The course is designed to introduce students to astroparticle physics, an advanced field of research at the boundary between astrophysics, cosmology and elementary particle physics that is constantly and rapidly evolving. The main topics are treated from both a phenomenological and an experimental point of view. In particular, at the end of the course the student will be able to: - understand the results of the main astroparticle physics experiments - interpret plots and numerical data in relation to the proposed physical models - will have developed the ability to present the topics of a constantly evolving branch of physics and will be able to independently follow its future developments	
Propaedeuticities: None. Is a propaedeuticity for: None.	
Types of examinations and other tests: Oral examination and practical test.	

Course: Astrophysics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/05	CREDITS: 9
Course year: II	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the skills necessary for the theoretical and observational study of astronomical and astrophysical phenomena, i.e. celestial bodies and systems of celestial bodies, cosmology, the physics of self-gravitating systems and gravitation, especially in its classical, statistical-mechanical and computational aspects, as well as space and cosmic physics.	
Learning objectives: The course introduces the student to the fundamentals of Astrophysics from a theoretical, observational and experimental point of view. In particular, the student will learn how to determine the physical characteristics of celestial bodies from telescope-observable quantities, with emphasis on observations in the visible part of the electromagnetic spectrum. The student will learn how to use these observables to construct a physical model of celestial systems, and in particular of interstellar clouds, stars, end products of stellar evolution such as white dwarfs, neutron stars and black holes, and understand their formation and evolution. At the end of the course, students should be able to apply these notions to understand simple scientific articles on astronomy and astrophysics as well as to carry out astronomical observations.	
Propaedeutcities: - Is a propaedeuticity for: -	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.	

Course: Big Data Seismology	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/06	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course the necessary skills to define and develop physical and mathematical methods to study solid Earth will be given.	
Learning objectives: The course aims at providing knowledge and understanding of the informatic tools to analyze, model and represent big data from observations carried on earth surface. Machine learning, deep learning, mixed effects regression approaches will be introduced and applied to large datasets to infer seismic source properties, ground motion prediction equations and to characterize the temporal and spatial variability of seismic noise. In particular, at the end of the course the student will: - Master the basic concepts of the analysis, representation, and modeling of geophysical big data. - Autonomously develop applications of studied techniques to real cases.	
Propaedeutcities: none. Nevertheless, a prior knowledge of the basics of signal processing and programming is required. Is a propaedeuticity for: none.	
Types of examinations and other tests: oral with the discussion of a brief numerical application to seismic data previously assigned.	

Course: Biophotonics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the experimental treatment of the properties of propagation and interaction of photons with biological matter.	
Learning objectives: Biophotonics is an emerging area of research in a particularly topical field concerning the most advanced studies of biological systems with relevant scientific and technological implications. It is a research area with a strong interdisciplinary connotation. In fact, biophotonics aims at the use of very advanced photonic techniques to investigate biological systems, from the mesoscopic scale to that of a single molecule. The aim of the course is to give a broad, but not too narrow, overview of this wide field, taking care of both the theoretical and experimental aspects of the main techniques.	

Propaedeuticities: None
Is a propaedeuticity for: None
Types of examinations and other tests: Oral exam

Course: Classical Electrodynamics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03	CREDITS: 9
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the competencies on the properties of photon propagation and interaction with fields and matter. The skills also pertain to research in the fields of photonics, optics, optoelectronics, and quantum electronics.	
Learning objectives: The student will acquire advanced knowledge on the main phenomena of electromagnetism in vacuum and in material media, including the relativistic formulation of electromagnetism. This will require learning the basics of special relativity and the covariant formalism. Regarding applied skills, the student will be able to solve electromagnetism problems of basic/intermediate-level and will gain familiarity with some more advanced mathematical tools to solve partial differential equations typical of electromagnetism, such separation of variables, Green's function, and expansion in functional bases.	
Propaedeuticities: None Is a propaedeuticity for: Classical Field Theory, Quantum Field Theory I.	
Types of examinations and other tests: Written and oral exam.	

Course: Classical Field Theory	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena. Research on foundations of physics, dynamical systems, special relativity, general relativity and relativistic theories.	
Learning objectives: The course aims at furnishing the theoretic and mathematical bases which are needed to approach modern field theory, with particular emphasis on gauge theories of fundamental interactions and general relativity. At the end of the course the successful student will be able to: – Understand and use the geometric formalism of field theory; – Revise her/his knowledge of electrodynamics and relativity in a unified approach to fundamental interactions; – Apply the techniques and methods which have been taught, to different contexts, not necessarily treated in class, such as condensed matter physics and modern theories of gravity; – Formalize and schematize problems in theoretical physics.	
Propaedeuticities: Classical Electrodynamics. Is a propaedeuticity for: None.	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.	

Course: Complements of Cosmology	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/05	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the skills necessary for the theoretical and observational study of astronomical and astrophysical phenomena, i.e. celestial bodies and systems of celestial bodies, cosmology, the physics of self-gravitating systems and gravitation, especially in its classical, statistical-mechanical and computational aspects, as well as space and cosmic physics.	
Learning objectives: The course aims to provide students with advanced skills in theoretical and observational aspects of modern cosmology and theories of gravitation, starting from relativistic cosmology. Consideration will be given to the so-called Standard Cosmological Model, inflationary models, up to physical models of dark energy. The course will take an advanced theoretical approach without neglecting phenomenological aspects. In particular, advanced topics such as gravitational waves in cosmology,	

gravitational lensing, Quantum Cosmology and modified theories of gravitation will be considered. Classes of solutions of Einstein's equations such as black holes, compact objects and wormholes will be covered during the course.
Propaedeuticities: Cosmology
Is a propaedeuticity for: None
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.

Course: Complements of Mathematical Methods for Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena.	
Learning objectives: The aim of the course is to provide the student with some advanced mathematical tools of Theoretical and Applied Physics, concerning, for example, some arguments of Functional Analysis and of the theory of partial differential equations. At the end of the course the student must be able to: - clearly and rigorously present the studied topics; - frame the topics dealt with in the context of the reference mathematical theories; - mindfully use the acquired tools in applicative contexts, paying particular attention to the limits imposed by the needed assumptions.	
Propaedeuticities: - / Topics of Mathematical Analysis and Mathematical Methods for Physics covered in the BSc in Physics (First Degree in Physics).	
Is a propaedeuticity for: -	
Types of examinations and other tests: The exam consists in a written/oral exam during which it will be possible to discuss a report prepared by the student.	

Course: Complex Systems	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Research on statistical aspects of complex physical systems.	
Learning objectives: This is an advanced Statistical Mechanics course on the Theory of Complex Systems in Physics. Its topics include: Probability Theory and Stochastic Processes; Advanced Statistical Mechanics of equilibrium and off-equilibrium processes; Theory of Phase Transitions, Critical Phenomena and Emergent behaviors; Renormalization Group and Universality; Spin Glasses; Network theory; Computer simulations (Monte Carlo and Simulated Annealing). The course also covers important applications in Physics as well as in Quantitative Biology and Finance, to highlight related international careers in science and business.	
Propaedeuticities: Quantum Mechanics / Elements of Statistical Mechanics at the level of a BSc degree.	
Is a propaedeuticity for: None.	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam	

Course: Computational Thermodynamics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03	CREDITS: 6
Course year: I/II	Type of Educational Activity: Frontal lectures
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Comprende le 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.
Learning objectives: Introduction to the link between thermodynamics and statistical physics, use of computational tools to calculate thermodynamic properties of materials via computer simulation of free energies.
Propaedeuticies: - Is a propaedeuticity for: -
Types of examinations and other tests: Written report

Course: Continuum Mechanics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/06	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course the necessary skills to define and develop physical and mathematical methods to study solid and fluid Earth will be given.	
Learning objectives: The course aims at providing knowledge and understanding of the basic theory of elasticity and fluid dynamics. Also, the course aims to show how this knowledge and understanding is applied in geophysics to the modeling of the Earth, both solid and fluid. During the course, exercises, both analytical and numerical, will be given to increase the ability of the student to make judgements about the application of the knowledge to geophysical modeling. In particular, at the end of the course the student will: - Master the basic concepts of the theory of elasticity and fluid dynamics. - Understand and autonomously develop applications of that concepts to the modeling of the Earth. - Autonomously develop, even if in a simple fashion, numerical and analytical solutions to given problems.	
Propaedeuticies: none. Knowledge about fundamentals of mechanics and thermodynamics is required. Is a propaedeuticity for: none. Nevertheless, the acquired knowledge may be useful for the courses of "Earth and Atmospheric Physics" and "Seismology".	
Types of examinations and other tests: oral exam.	

Course: Data Analysis in Subnuclear Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/01	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data.	
Objectives: The course aims at providing knowledge and hands-on skills about the techniques for the statistical treatment and interpretation of experimental data, and the communication and presentation of the results. It deepens and broadens the topics of basic statistics, describing their application in modern particle physics experiments, and provides additional advanced statistical tools of common application in current analyses. At the end of the course the student will be able to: - master advanced probability theory concepts and apply them to concrete physics cases - understand the designs of experiments and the techniques they use to reach their physics goals - understand and assimilate procedures in other data analysis using the skills, language, and mindset acquired - critically examine, design and carry out data analyses	
Propaedeuticies: None. Is a propaedeuticity for: None.	
Types of examinations and other tests: Oral examination and practical test.	

Course: Design of Educational Activities	Teaching Language: Italian
SSD: FIS/08	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B

Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course, skills are provided for the transfer of fundamental concepts and knowledge of physics	
Learning objectives: The course will enable learners to gain in-depth knowledge of research results in physics education with particular emphasis on strategies for designing and evaluating teaching interventions in upper secondary schools. In addition, learners will gain in-depth knowledge of data analysis techniques commonly used in education. The student must demonstrate At the end of the course the student must demonstrate that he/she - be able to carry out experiments, document activities, design worksheets and evaluation tools for structuring teaching interventions in upper secondary schools. - to be able to select appropriate teaching materials and activities to be proposed to upper secondary school students in accordance with the provisions of the National Indications for Licei and Italian school practice. - to know how to reconstruct the knowledge and research methodologies of physics from an educational point of view in order to design teaching interventions suitable for upper secondary school students	
Propaedeuticies: General Physics and Laboratory Is a propaedeuticity for: Didactical Design for Physics and Educational Technologies for Physics Teaching	
Types of examinations and other tests: Examination centred on the discussion of a written project paper consisting of a portfolio and fact sheets	

Course: Didactical Design for Physics		Teaching Language: Italian	
SSD: FIS/08		CREDITS: 6	
Course year: I		Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course, skills are provided for the transfer of fundamental concepts and knowledge of physics			
Learning objectives: The course is designed to enable students to acquire skills in micro- and macro-teaching design, aimed at promoting physics learning at upper secondary school level. The course also promotes the acquisition of skills in observation, documentation, verification and evaluation of process, product and context, interrelated and interconnected, aimed at improving learning and the educational success of students. At the end of the course, students will have acquired mastery in relation to: - didactic planning, also by learning units, and flexibility; organisation and management of class/interclass groups also by level, task and elective groups such as to favour personalisation and the enhancement of each individual's talents, the development of transversal, linguistic-communicative skills and meaningful, critical and aware learning for all students; - knowledge of the national guidelines/indications and correlation with disciplinary knowledge and the school curriculum, if any, with reference to the learning objectives, to the competence targets or to the learning outcomes envisaged by the educational systems in force - promotion of the eight European key competences for lifelong learning; modulation of the educational pathway according to a planned and gradual subdivision of the contents, providing appropriate tools for the different levels of ability and cognitive styles of the pupils;			
Propaedeuticities: Design of Educational Activities Is a propaedeuticity for: Educational Technologies for Physics Teaching			
Types of examinations and other tests: Written examination focusing on the design, also using multimedia digital technologies, of an innovative teaching activity, including the illustration of the content, teaching and methodological choices made			

Course: Didactics of Modern Physics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/08		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course allows the students to acquire competences in the study and development of teaching methods and transfer of the fundamental concepts and knowledge of physics. It also aims at familiarizing the students with issues related to foundational physics concepts			
Learning objectives: The course offers students an overview of the theoretical and experimental aspects of Didactics of Physics, with a focus on modern and contemporary physics. In terms of knowledge, the course will provide contents of disciplinary education, mainly based on papers from the current scientific literature. In terms of skills, the course will provide an			

opportunity to get acquainted with the main topics of research in Didactics of Physics, with the perspective of application to real educational contexts. Furthermore, the course will give the opportunity to strengthen the skills of communication in the educational contexts
Propaedeuticities: Physics Education I. / Students possessing a three-year degree in Physics will attend the course without difficulty. For students with different backgrounds, a good knowledge of General Physics and notions of Didactics of Physics are required. For such students, the course will allow a targeted reinforcement on some themes of modern physics.
Is a propaedeuticity for: None
Types of examinations and other tests: Examination based on the discussion of a written project report

Course: Digital Electronics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/01	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: the course provides the necessary skills to investigate the working principles of instrumentation used for detection of particle physics interactions, for the acquisition of radiation detectors, and for the digital elaboration of experimental data.	
Learning objectives: Knowledge of the main techniques for analysis and synthesis of digital circuits. Redundancy and minimization of combinatorial circuits. Analysis of the sequential building blocks (counters, shifters, LFSR, architecture of programmable logic). Design of Finite State Machine in high performance applications, including self-initialization features. Timing analysis of digital circuits and error recovery techniques. Design of complex systems with application to laboratory equipment. Ability to master in autonomy advanced literature, including scientific and technical papers.	
Propaedeuticities: none. A basic knowledge of electronics is required.	
Is a propaedeuticity for: none. Nevertheless, the knowledge acquired may be useful for the course of Digital Systems Laboratory.	
Types of examinations and other tests: oral exam, consisting in the discussion of argument presented during the course.	

Course: Digital Image Processing	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/07	CREDITS: 6 CFU
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course includes the skills suitable for the study and development of physical methodologies (theoretical and experimental) necessary both for the description and understanding of living matter in particular in the medical context, and for the development and use of the necessary tools (information systems) in area of prevention, diagnosis and treatment. The skills of this sector also concern research in the field of image analysis in the field of radiation protection of man, the environment and things.	
Learning objectives: The course is aimed at providing students with knowledge on the fundamentals of digital image processing and will have to demonstrate the acquired ability to apply this knowledge to image analysis in the medical and clinical fields, through the use of application software used in scientific field. Furthermore, students will acquire basic knowledge on the main image formats and information systems for the management and transmission of images in the medical field, and on the parameters used in the analysis of image quality and medical imaging systems.	
Propaedeuticities: None	
Is a propaedeuticity for: None	
Types of examinations and other tests: Oral exam	

Course: Digital Systems Laboratory	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/01	CREDITS: 9
Course year: II	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: the course	

provides the necessary skills to investigate the operating principles of electronic instrumentation for the control and detection of physical phenomena and for the acquisition of experimental data.

Learning objectives:

the course aims at learning the main techniques of analysis and synthesis of digital circuits for applications in instrumentation of physics experiments. The learning path includes the study of the architecture of field programmable gate arrays (FPGA) devices, of the techniques for the implementation in FPGA of the main combinatorial and sequential logic blocks, with particular attention to finite state machines and high-speed data transmission systems.

Specifically, at the end of the course the student will be able to:

- use hardware description languages, both for the synthesis and for the simulation of digital circuits;
- design complex digital systems in FPGA devices for applications in instrumentation;
- understand specialized texts and research articles in the sector.

Propaedeuticities: none. / Basic notions of analog electronics (MOSFET transistor operation, transmission lines) and digital electronics (truth tables of Boolean functions, elementary logic functions, flip-flops).

Is a propaedeuticity for: none.

Types of examinations and other tests: oral exam, consisting in the presentation of the design and implementation of an FPGA-based digital system and in the oral discussion of topics developed during the lessons of the course.

Course: Earth and Atmospheric Physics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/06		CREDITS: 6	
Course year: I		Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course the necessary skills to define and develop physical and mathematical methods to study solid and fluid Earth will be given.			
Learning objectives: The course is aimed at learning methods and tools for understanding the Earth-Atmosphere system, through the integration of observations and analytical and numerical models, realizing a transversal path starting from seismic waves and going to the Earth's magnetic field and the atmosphere dynamics. Specifically, at the end of the course the student will be able to: - Use analytical and numerical methods and tools to solve problems concerning the Earth-Atmosphere system. - Integrate data and models to constrain solutions related to problems of the Earth-Atmosphere system. - Rework his/her knowledge of physics for the analysis of new experimental situations and the definition of new models. - Simulate the internal processes of the Earth-Atmosphere system			
Propaedeuticities: none. A basic knowledge of analysis of PDE, elements of wave mechanics, elements of continuum mechanics is required.			
Is a propaedeuticity for: none. Nevertheless, the knowledge acquired may be useful for the Seismology course.			
Types of examinations and other tests: written exam consisting in the numerical solution of one problem involving PDE, and oral consisting in the discussion of argument presented during the course.			

Course: Educational Technologies for Physics Teaching		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/08		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course, skills are provided for the transfer of fundamental concepts and knowledge of physics			
Learning objectives: The course is aimed at enabling students to acquire skills relating to the ability to: promote media literacy, use digital technologies for organizational communication, collaboration and professional growth; identify, evaluate and select digital resources useful for teaching, taking into due consideration - also in the design phase - the specific learning objectives, the context of use, and the needs of the students who will use them; use digital technologies to foster greater inclusion, personalization and active involvement of students helping students to use digital technologies creatively and responsibly for activities concerning information, communication, content creation,			

personal well-being and problem solving; using digital technologies to support self-regulated learning processes (planning, monitoring, metacognitive reflection); using digital tools and strategies to improve assessment practices. At the end of the course the student will have to show: the ability to integrate information and communication technologies within the activity; the ability to transform, also with the use of digital tools and didactics, in presence and at a distance, teaching into meaningful and critical learning by the student

Propaedeuticities: Design of Educational Activities or Didactical Design for Physics

Is a propaedeuticity for: None

Types of examinations and other tests: Written examination focusing on the design, also using multimedia digital technologies, of an innovative teaching activity, including the illustration of the content, teaching and methodological choices made

Course: Electronics Fundamentals		Teaching Language: Italian
SSD: FIS/01		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: the course provides the necessary skills to investigate the working principles of instrumentation used for detection of particle physics interactions, for the acquisition of radiation detectors, and for the digital elaboration of experimental data.		
Learning objectives: Knowledge of all discrete circuit elements commonly used in modern applications. Role of the corresponding elements in integrated microelectronics. In-depth study of circuit theory, from principles to frequency and stability analyses. Ability to evaluate analogue circuit diagrams and design circuits, for the processing of signals from sensors and detectors and for the preparation for digital data acquisition; particular attention to applications in the field of "front end" electronics of detectors in the physical field. Understanding of noise phenomena in electronics.		
Propaedeuticities: none. Basic knowledge of electronics in terms of linear devices and circuits. Is a propaedeuticity for: none. Nevertheless, the knowledge acquired may be useful for the courses of “Digital Systems Laboratory” and “Sensors and Detectors”.		
Types of examinations and other tests: oral exam, consisting in the discussion of argument presented during the course.		

Course: Environmental Radioactivity		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/07		CREDITS: 6 CFU
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from SSD declaratory consistent with the learning objectives of the course: The course focuses the skills for the study and development of physical methodologies (theoretical and experimental) necessary both for the description and understanding of environmental radioactivity, and for the use of the instrumentation for the control and the detection of the physical phenomena concerned. The skills also concern the radiation protection of man and environment.		
Learning objectives: The course is aimed at providing students with the fundamental and advanced knowledge on radioactivity and its implications in the environmental field. The following topics will be covered: process of radioactive decay; properties of ionizing radiation; effects in matter crossed by ionizing radiation; radiation effect on humans; ionizing radiation sources in the environment, both of natural origin and artificial origin; production method of artificial radioactive isotopes; environmental contamination in soil, water and air; monitoring systems for the environmental radioactivity; techniques used for detection of ionizing radiation; notions of radiation protection. The course will include frontal lectures alternating with various laboratory experiences on some topics covered, in particular: thermoluminescence dosimetry, alpha(α) and gamma(γ) spectrometry, and passive and active measurements of radon (^{222}Rn , ^{220}Rn) indoor and outdoor. This laboratory activity will have the dual purpose of both experimental deepening and that of improving the skills in data analysis and in the treatment of measurement uncertainties. The knowledge acquired in this course will allow students to: (i) have a more complete vision of the phenomenon of radioactivity and its applications; (ii) autonomously understand new experimental research results based on environmental radioactivity principles; (iii) communicate, with mastery, the arguments of a branch of physics in continuous evolution.		
Propaedeuticities: None		

Is a propaedeuticity for: None
Types of examinations and other tests: Oral exam with discussion of laboratory reports

Course: Experimental Gravitational Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/01	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data.	
Objectives: The course aims to foster understanding of experiments in the physics of gravitation and the critical review of experimental results in relation to current theories. At the end of the course the student will be able to: - Understand the tools of experimental investigation in gravitation; - Understand the different experimental approaches to explore the validity of different alternative theories; - Apply the data analysis methodologies characteristic of this field.	
Propaedeutivities: None. Is a propaedeuticity for: None.	
Types of examinations and other tests: Oral and written examination.	

Course: Experimental Methods for Nanotechnologies and Condensed Matter Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical and experimental treatment of the states of both atomic and molecular aggregates, as well as the skills for dealing with the properties of propagation and interaction of photons with fields and with matter. The skills of this sector also concern research in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, compounds and metallic and semiconductor elements, dilute states and plasmas, as well as photonics, optics, optoelectronics and quantum electronics.	
Learning objectives: This course is meant to encourage students to study the physical ideas, the design and the realization of frontier experiments in Solid State Physics, with a special focus in the fields of Quantum Technologies and Nanotechnologies. Quantum hardware is what transforms the novel concepts of quantum computation and communication into reality. The key challenge is to control, couple, transmit and read out the fragile stage of quantum systems with great precision, and in a technologically viable way. This course aims at illustrating some aspects of this key challenge in realizing quantum hardware and technology, focusing on superconducting quantum devices. Some key notions on advanced solid-state physics will be introduced as a bridge to standard courses, including phase transitions, quantum effects in transport properties and mesoscopic physics. Three experiments are part of the course: realization of a nanostructure, measurement of its transport properties in low noise environment at the lowest temperatures and measurement of the properties of a Josephson junction or of a superconducting qubit.	
Propaedeutivities: - Is a propaedeuticity for: -	
Types of examinations and other tests: Oral exam with discussion of a project report	

Course: Experimental Standard Model Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/01	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course:	

The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data.

Objectives:

The course aims at providing advanced knowledge of the experimental basis of the Standard Model of subnuclear physics as well as of the search for its possible extensions. At the end of the course the student will have acquired:

- knowledge of the advanced experimental techniques used to study the Standard Model;
- knowledge, understanding and ability to critically evaluate recent specialist literature and the ability to independently follow research developments in the field.

Propaedeuticity: None.

Is a propaedeuticity for: None.

Types of examinations and other tests: Oral examination.

Course: Experimental techniques in Particle Physics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/01		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data.			
Objectives: The course aims at providing knowledge and understanding of the most advanced experimental techniques used in elementary particle physics to study the fundamental constituents of matter and their interactions. At the end of the course the student will have acquired - knowledge of the physical quantities actually measured to study elementary particles and characterise their interactions and of the relevant reconstruction/processing techniques from the collected data; - knowledge and understanding of the structure of the complex experimental apparatuses required to realise such measurements; - understanding and ability to critically evaluate the most recent experimental literature in the field of physics of fundamental interactions			
Propaedeuticities: None.			
Is a propaedeuticity for: None.			
Types of examinations and other tests: Oral examination.			

Course: Flavor Physics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/01		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data.			
Objectives: The course aims at introducing the student to flavour physics, an advanced field of research in elementary particle physics that aims to investigate Standard Model (SM) physics and search for processes beyond the SM in virtual processes through precision studies. The main topics are dealt with from both a phenomenological and an experimental point of view. In particular, at the end of the course the student will be able to: - understand the role of flavour physics in the context of elementary particle physics - understand the results of the main flavour physics experiments - interpret plots and numerical data in relation to the proposed physical models - have developed the ability to present the arguments of a constantly evolving branch of physics and be able to follow its future developments independently			

Propaedeuticities: None
Is a propaedeuticity for: None
Types of examinations and other tests: Oral examination and practical test.

Course: Fundamentals of nanomagnetism and applications	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/01	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical and experimental treatment of the magnetic properties of nanometric-sized aggregates. The skills of this sector also concern research in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, compounds and metallic and semiconductor elements as well as photonics, optics and optoelectronics.	
Learning objectives: The course aims to provide students with the fundamental methodologies to understand the magnetic response of a collection of magnetic nanoparticles and thin films. - Starting from a review of the properties of dia-, para- and ferromagnetic materials, the magnetic stability of magnetic nanoparticles of different sizes, shapes, crystalline structure and composition will be investigated, as well as the role of intra-particle and inter-particle magnetic interactions on behaviour of a nanoparticles ensemble. Finally, using this fundamental knowledge, the possibilities of controlling the magnetic properties of particles at the nanoscale will be presented. - The role of magnetic nanoparticles in some medical, biosensing and environmental applications will be described: contrast enhancement in magnetic resonance imaging (MRI), magnetic hyperthermia for cancer therapy, targeted drug delivery, immunosensors, separation of environmental contaminants, soil and groundwater remediation. - Experimental techniques to investigate collective and individual static magnetic responses of superparamagnetic nanoparticle and thin film will be presented, including a visit to the laboratories with the realisation of simple experiences related to the course contents. By the end, the students will have acquired the basic skills on the main experimental techniques to address specific problems in nanomagnetism.	
Propaedeuticities: Propaedeutic exams are not required	
Is a propaedeuticity for: None	
Types of examinations and other tests: Oral exam with discussion of a written project report	

Course: General Relativity and Gravitation	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena. Research on special relativity, general relativity and relativistic theories.	
Learning objectives: The objective of the course is to introduce the student to General Relativity, reaching a solid understanding of its conceptual structure and good familiarity with the techniques needed for the analysis of its most significant effects. By the end of the course the student will be able to use the Schwarzschild solution for the description of planetary systems; to establish whether a geometry is singular; to find a cosmological solution when the energy-momentum tensor of matter and radiation is known; to establish whether or not a spacetime is maximally symmetric; to model simple mechanisms for the production of gravity waves.	
Propaedeuticities: -	
Is a propaedeuticity for: Introduction to Quantum Gravity; String Theory	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam	

Course: Group Theory and Applications	Teaching Language: Italian
---	--------------------------------------

SSD (Subject Areas): FIS/02		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena.		
Learning objectives: The main aim of the course is to provide the student with ideas, concepts and methods of the theory of groups, and of their representations, that are fundamental for a deeper understanding of quantum mechanics and quantum field theory, as well as of other areas of modern theoretical physics. The course is also aimed at introducing some remarkable applications. After the course, the student should be able to: - Understand basic concepts of group theory and of its applications; - Master some methods of the theory of groups and of their representations (e.g., representations of the Lorentz and Poincaré groups, of SU(2) and SU(3)).		
Propaedeuticities: Quantum Mechanics. Is a propaedeuticity for: None.		
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam		

Course: High Energy Astrophysics		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/05		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the skills necessary for the theoretical and observational study of astronomical and astrophysical phenomena, i.e. celestial bodies and systems of celestial bodies, cosmology, the physics of self-gravitating systems and gravitation, especially in its classical, statistical-mechanical and computational aspects, as well as space and cosmic physics.		
Learning objectives: The course aims to provide students with the essential skills to achieve a panchromatic view of astrophysical phenomena. In particular, it aims to provide an understanding of high energy processes, combining theoretical, observational and phenomenological aspects, with a focus on the fundamental physical principles underlying the phenomena studied. The course also aims to provide students with knowledge of the main detection techniques and the most important high-energy photon detectors. The description of the basic mechanisms and that of the devices used for detection will focus on rigorous and well-established analytical and numerical methods. In particular, at the end of the course students will be able to: - Examine and describe the mechanisms involved in the radiation-matter interaction processes in the various astrophysical phenomena typical of high energies. - Rework their knowledge of high energy astrophysics to solve extra-manual problems to address the most recently developed topics. - Understand the detection techniques for high energies and know the most widely used detectors. - Demonstrate the operation of the devices studied.		
Propaedeuticities: Astrophysics Is a propaedeuticity for: None		
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.		

Course: History of Astronomy		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/05		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the skills necessary for the theoretical and observational study of astronomical and astrophysical phenomena, i.e. celestial bodies and systems of celestial bodies, cosmology, the physics of self-gravitating systems and gravitation, especially in its classical, statistical-mechanical and computational aspects, as well as space and cosmic physics.			
Learning objectives: The course aims to introduce students to the historical development of astronomy from its earliest developments in ancient civilisations to the birth of modern astrophysics and cosmology, with particular emphasis on the Hellenistic			

and modern scientific revolutions and the transition from the geocentric to the heliocentric conception. The aim of the course is to enable students to conduct independent research on historical topics related to astronomy.
Propaedeuticities: None Is a propaedeuticity for: None
Types of examinations and other tests: written and/or oral exam.

Course: History of Classical Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/08	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course allows the students to acquire competences in the study of the history of physics as resulting from the onset of the physical ideas. It also aims at familiarizing the students with historical problems related to foundational concepts of classical physics.	
Learning objectives: The general purpose of the course is to help the student to critically rethink – through historical paths – the fundamental aspects of classical physics learned during university courses, deepening the inter-relationships between the different and successive interpretations of physical phenomena and the models used to describe them. The cognitive goals to be achieved are the historical-critical knowledge of some physical themes studied from a positive and curricular point of view. The skills to be acquired concern the structuring of a historical picture regarding the evolution of physical science from the 16th to the 19th century. The course also aims to provide the student with the proper approach to the History of Physics required to understand the research methods in this field. The student will be guided in the application of his knowledge, also participating in activities (visits to the Physics Museum of the University, illustrative reconstructions of historical experiments) to familiarize with the methodologies presented.	
Propaedeuticities: Mastering of the course of Mechanics and Thermodynamics, as well as that of Electromagnetism. Is a propaedeuticity for: None	
Types of examinations and other tests: Oral Examination	

Course: History of Modern Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/08	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course allows the students to acquire competences in the study of the history of physics as resulting from the onset of the physical ideas. It also aims at familiarizing the students with historical problems related to foundational concepts of modern physics.	
Learning objectives: The purpose of the course is to critically supplement – through historical paths – fundamental aspects of the 20th century physics with critical directions coming from the historical analysis. The cognitive goals to be achieved pertain to the historical-critical knowledge of some themes of modern physics, through the examination of case studies, with particular attention to the conceptual aspects, the role of instrumentation and the socio-cultural context of physics research. The skills to be acquired concern the placement of specialized topics (already addressed by the student in his studies) within a historiographical reference framework. The course also aims to provide research skills in the history of physics, with particular reference to the problem of historical sources, their identification and their critical evaluation. The student will be guided in the application of his knowledge, also participating in activities (visits to the Physics Museum of the University, etc.) to familiarize with the methodologies presented.	
Propaedeuticities: Mastering of the courses of: Mechanics and Thermodynamics; Electromagnetism; Quantum Mechanics; Modern Physics. Knowledge of the main contents of the course of Quantum Physics. Is a propaedeuticity for: None	
Types of examinations and other tests: Oral Examination	

Course: Introduction to Quantum Gravity	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6

Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena. Research on foundations of physics, special relativity, general relativity and relativistic theories.	
Learning objectives: The objective of the course is for the student to learn about the structure of the quantum-gravity problem and how different approaches to the problem are related to that structure. The student will also enrich his/her knowledge of techniques of theoretical physics, including those used in the first stages of development of the spacetime-noncommutativity approach, the string-theory approach and the loop-quantum-gravity approach. By the end of the course the student will be able, for example, to establish the presence of "anomalies" in a quantum theory (Weyl anomaly), will be able to analyze the symmetries of a system when they are described by a Hopf algebra and will be able to work within the version of quantum mechanics known as the Schroedinger Functional Picture.	
Propaedeuticity: General Relativity and Gravitation, Quantum Field Theory I. Is a propaedeuticity for: -	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam	

Course: Introduction to Volcano and Non Standard Seismology	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/06	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course the necessary skills to define and develop physical and mathematical methods to study solid Earth will be given.	
Learning objectives: The course aims at introducing the volcano and non-ordinary seismicity. Such seismicity shows peculiar properties of the wave field and of the scaling laws, also for the active role of fluids in the source process. Under these respects these properties are not effectively modeled as double-couple sources. In the lectures volcanic seismicity (volcano-tectonic, Long-Period and Very Long Period events, tremor), tectonic tremor and Low Frequency events, human-induced seismicity will be introduced. The seismic signals recorded in the different contexts will be presented together with their characteristics in time and frequency, the physical models of the source, the statistical properties, emphasizing the deviation of these aspects from those of the standard seismicity. Also, numerical tools for the analysis of the presented seismicity will be introduced. At the end of the course the student will: - Master the basic aspects of the modeling and analysis of seismic data gathered in non-tectonic areas - Understand and autonomously develop applications of the studied techniques to real cases.	
Propaedeuticity: none. Nevertheless, a basic knowledge of signal processing and programming is required. Is a propaedeuticity for: none.	
Types of examinations and other tests: oral with the discussion of a brief project on one of the topics introduced in the course.	

Course: Inversion Methods	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/06	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course the necessary skills to define and develop physical and mathematical methods to study solid and fluid Earth will be given.	
Learning objectives: The main goal of the course is to promote the knowledge and understanding of parameter estimation and inverse problem philosophy and methodology, specifically regarding such key issues as uncertainty, ill-posed problems, regularization, bias, and resolution. Learning skill of theoretical points is developed through MATLAB numerical codes. At the end of the course, the student should be able to: - understand and refer to inverse problems - implement numerical tools needed for resolving some case-studies	

-	have matured skills for interpreting and critically commenting obtained results.
Propaedeuticities: none. Students are expected to be familiar with linear algebra, differential equations, vector calculus, probability, statistics, and calculus.	
Is a propaedeuticity for: none. Nevertheless, the acquired knowledge may be useful for the courses of Seismology.	
Types of examinations and other tests: oral presentation and discussion of some exercises developed during the course.	

Course: Laboratory of Astrophysics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/05		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the skills necessary for the theoretical and observational study of astronomical and astrophysical phenomena, i.e. celestial bodies and systems of celestial bodies, cosmology, the physics of self-gravitating systems and gravitation, especially in its classical, statistical-mechanical and computational aspects, as well as space and cosmic physics.			
Learning objectives: The aim is to enable students to design and conduct a simple observational or experimental programme, including the acquisition, reduction and analysis of data. The course programme includes recollections of advanced statistics, an introduction to modern astronomical technologies (ground-based and space-based) and an introduction to computer tools for analysing astronomical data. The course includes one or more laboratory experiences on different topics. In preparation for the final exam, students will write a report on the experience conducted.			
Propaedeuticities: None			
Is a propaedeuticity for: None			
Types of examinations and other tests: Final report and oral exam.			

Course: Laboratory of Medical Physics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/07		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course includes competences for the study and development of physical methodologies (theoretical and experimental) for the description and understanding of living matter in the medical field, as well as related to the development and use of necessary instrumentation for the control and detection of physical phenomena in the field of prevention, diagnosis and treatment. Competences include also the research in the field of physical techniques in biomedical diagnosis, as well as in the field of radioprotection.			
Learning objectives: The student will be requested to conduct experiments in the field of the medical physics and radiation physics. In particular, exercises and experiments will involve the use of specialistic instrumentation of common use in the field of the medical imaging with ionizing radiation as well as in the field of dose measurements. The student will work in small groups and will cope with theoretical and practical exercises to elaborate and analyze raw data. In addition, he/her will be requested to produce a written text and a presentation with the scope of illustrating the methods adopted and results, also with the aim of acquiring expertise in scientific reporting.			
Propaedeuticities: Medical Physics, Radiation Dosimetry			
Is a propaedeuticity for: None			
Types of examinations and other tests: Oral and practice. The student will be requested to illustrate and comment on the experimental activities performed during the course.			

Course: Laboratory of Modern Optics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/01,FIS/03		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: Frontal lectures and laboratory	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: An overview of the experimental techniques most used in the manipulation of the properties of electromagnetic radiation, such as beam intensity profile, polarization states, temporal and spectral profile, will be provided. The			

course will provide the description of various methods based on suitably formed light and photon beams in the study of atomic and molecular physics, liquid and solid states, metal and semiconductor compounds and elements, dilute states and plasmas.

Learning objectives:

The student will learn the operating principles of the main optical radiation detectors, of many spectroscopic techniques as well as optical, near field (SNOM, STM, AFM) and electronic (SEM, TEM) microscopy. Furthermore, some time-resolved spectroscopic methods such as THz spectroscopy and the measurement of ultrashort light pulse durations will be illustrated.

Depending on the type of application, the student will be able to design experiments based on the use of laser sources with high spectral purity or short duration.

Part of the training will take place in a laboratory with the implementation of some measurement techniques in the field of physics of matter.

Propaedeuticities: -

Is a propaedeuticity for: -

Types of examinations and other tests: Oral exam with discussion of a measurement technique

Course: Laboratory of Nuclear Physics		Teaching language: Italian	
SSD: FIS/01		CFU: 9	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course provides the knowledge on the physical processes and the working principles of the instrumentation devoted to the monitoring and the detection of particles and radiation, their production, their metrology and the connected data collection and analysis.			
Learning objectives: - The student will acquire a detailed knowledge on the principles and the use of the instrumentation typical of the measurements in Nuclear Physics studies. - The student will be able to use analog and digital data acquisition systems, as well as the more common analysis practices in Nuclear Physics experiments at low and moderate energies. - The student will be able to apply the acquired knowledge to plan and conduct experiments in Nuclear Physics fundamental research, in the environmental surveillance, in the radioprotection assessments, in medical physics, in the metrology of ionizing radiations. - The student will be able to understand and present with appropriate terminology the principles, the techniques and the results of measurements with exotic nuclei ion beams. - The student will be able to understand and autonomously interpret the results of experimental measurements in Nuclear Physics and will be in position to evaluate the appropriateness of the instrumentation and the applied methodologies.			
Propaedeuticities: none. / A good knowledge of classical physics, as well as the basics in quantum mechanics and modern physics, is expected.			
Is a propaedeuticity for: none			
Types of examinations and other tests: Preparation of a report on an assigned topic and oral examination.			

Course: Machine learning methods for physics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): INF/01		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area brings together competences and research areas from the fields of computer science and information theory, which form the basis of the computer science approach to the study of problems [...] the field includes application and experimental areas related to innovative uses of computer science, such as image and sound processing, computer recognition and vision, neural networks, artificial intelligence and soft computing[...].			
Objectives: The course will provide knowledge and understanding in the field of artificial intelligence and machine learning algorithms. The main areas of machine learning such as supervised, unsupervised and reinforcement learning will be covered. Knowledge of data pre-processing (feature selection and extraction, dimensionality reduction, handling of missing data and categorical data) and knowledge related to validation techniques of machine learning models will also be provided. In this context, students will develop knowledge and applied skills related to the use of the Python			

language, distributed programming for the implementation of machine learning algorithms, as well as the ability to critically evaluate the performance of machine learning algorithms, effectively communicate information related to this research domain and learn new methodologies independently.

Propaedeuticities: None.

Is a propaedeuticity for: None.

Types of examinations and other tests: Oral examination and practical test.

Course: Many-Body Quantum Theory		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical and experimental treatment of the states of both atomic and molecular aggregates, as well as the skills for dealing with the properties of propagation and interaction of photons with fields and with matter. The skills of this sector also concern research in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, compounds and metallic and semiconductor elements, dilute states and plasmas, as well as photonics, optics, optoelectronics and quantum electronics.		
Learning objectives: The course deals with the physics of strongly interacting many-body systems, focusing on theoretical methods and approaches. More specifically, at the end of the Course, the student will be able to use both exact and approximated methods suitable to study the Green functions, dielectric function, magnetic susceptibility, optical conductivity, superconductivity and superfluidity. The techniques introduced will be seen in action by analysing some paradigmatic models, both in the classical and in the quantum setting. The student will be asked to present an introduction to the main general topics and to prove more specific results, making connections among the different parts of the syllabus. The organization of the presentation and the use of a rigorous scientific language will be also considered to formulate the final grade.		
Propaedeuticities: - Is a propaedeuticity for: -		
Types of examinations and other tests: Oral exam		

Course: Materials Computational Modelling		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical treatment of the states of both atomic and molecular aggregates, as well as the skills for dealing with the properties of propagation and interaction of photons with fields and with matter. The skills of this sector also concern research in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, compounds and metallic and semiconductor elements, dilute states and plasmas, as well as photonics, optics, optoelectronics and quantum electronics		
Learning objectives: The course aims at giving an introduction to the modern computational “first principles” approaches for the study of material properties. In particular they will be analysed: • ab initio approaches based on density functional theory (DFT) for the study and the prediction of the materials electronic structure; • limitations of DFT, its extensions and recent “improvements” in the framework of the description of the van der Waals interaction; • computational methods, with high accuracy, of the electronic properties of the ground state of a physical system, quantum Monte Carlo in particular; • numerical approaches less accurate than DFT but less computationally expensive, based on the use of semiempirical potentials, or even potentials obtained from “machine learning” techniques starting from DFT-based approaches.		
In the course computational laboratory lectures will be scheduled, with the opportunity for the students to consolidate and practice the acquired knowledge on real systems of physical and technological interest.		

Propaedeuticities: Solid State Physics I
Is a propaedeuticity for: -
Types of examinations and other tests: Oral exam

Course: Mathematical Methods for Geophysics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course the necessary skills to model physics phenomena using suitable mathematical and numerical techniques will be given.	
Learning objectives: The course aims at providing knowledge and understanding of solutions of equations arising in geophysical problems (i.e., elasticity, wave propagation, heat conduction). In particular, at the end of the course the student will: - Master the characteristic of the fundamental equations in geophysics. - Autonomously develop applications of their analytical and numerical solutions.	
Propaedeuticities: none. Basics of programming are required.	
Is a propaedeuticity for: none.	
Types of examinations and other tests: oral, including a discussion of an assigned exercise.	
Course: Medical Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/07	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course includes the skills for the study and development of physical methodologies (theoretical and experimental) necessary both for the description and understanding of living matter in the environmental, biological and medical context, and for the development and use of the instrumentation necessary for the control and to the detection of physical phenomena in the field of prevention, diagnosis and treatment. The skills of this sector also concern research in the field ... of the physical techniques of biomedical diagnostics, as well as in the field of radiation protection of man, the environment and things.	
Learning objectives: The student will acquire knowledge of the main fields of physics applied to medicine, including the basic physical aspects of planar, tomographic and interventional radio-diagnostic imaging, image quality assessment in relation to the radiation dose and brief introduction to the physical principles of nuclear medicine imaging.	
Propaedeuticities: None	
Is a propaedeuticity for: Laboratory of Medical Physics	
Types of examinations and other tests: Oral exam	

Course: Models of Biological Systems	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical and computational tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena.	
Learning objectives: The course is aimed at understanding the process of modeling and its application to biological systems, and to solve specific models, both analytically (where possible) and using numerical simulations.	
Propaedeuticities: -	
Is a propaedeuticity for: -	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam	

Course: Modern Optics	Teaching Language: Italian
---------------------------------	--------------------------------------

SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6
Course year: I/II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The diffraction theory is reviewed by introducing the Fourier optics and its applications to near- and far-field microscopy and to the realization of light beams with peculiar spatial, temporal, spectral and polarization profiles. Skills will be developed in the treatment of the propagation properties of electromagnetic fields and their interaction with matter. The competences of this area also concern research where Optics is employed in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, metal and semiconductor compounds and elements, dilute states and plasmas, as well as photonics, optics, optoelectronics and quantum electronics.		
Learning objectives: The course provides the tools to deepen several classical concepts underlying the propagation of light and its interaction with matter. In greater detail, phenomena such as diffraction and polarization of light and the concept of spatial and temporal coherence will be studied. Furthermore, both the propagation of light in anisotropic media and some basic phenomena of non-linear optics will be described. The course includes the description of the operating principle of the laser and the role of optical cavities in determining the properties of light beams. Finally, the quantization of the electromagnetic field and the concept of photon will be introduced.		
Propaedeutcities: - Is a propaedeuticity for: -		
Types of examinations and other tests: Oral exam		

Course: Multimessenger Astrophysics		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/05		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the skills necessary for the theoretical and observational study of astronomical and astrophysical phenomena, i.e. celestial bodies and systems of celestial bodies, cosmology, the physics of self-gravitating systems and gravitation, especially in its classical, statistical-mechanical and computational aspects, as well as space and cosmic physics.		
Learning objectives: The course addresses some of the central topics in the new discipline known as multi-messenger astronomy. Particular attention is devoted to the most powerful astrophysical transient phenomena: gamma-ray bursts, fast radio flashes, supernovae explosions, and their mutual connections. Special interest is reserved for recently observed transient classes in different windows of the electromagnetic spectrum, through the detection of gravitational waves, and/or high-energy neutrinos. These sources are of interest for the physics at the origin of the highly energetic processes observed (strong gravity regime, implications for stellar evolution, astrophysical jet formation, explosive stellar nucleosynthesis and origin of elements, relativistic shocks, cosmic ray acceleration) and due to their luminosity are also important tools for the exploration of the Universe over cosmological distances, up to the epoch of reionisation. The course also offers a review of current and future dedicated experiments in this field of research. The course aims to enable students to acquire the formal rigor and skills necessary to set up and solve problems related to the above topics.		
Propaedeutcities: None Is a propaedeuticity for: None		
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.		

Course: Nuclear Astrophysics		Teaching language: Italian	
SSD: FIS/01, FIS/04		CFU: 6	
Course year: I/II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course will deal with the theoretical and experimental methodologies required for the study of the nuclear processes of astrophysical interest.			
Learning objectives: - The course aims at providing a sufficient level of knowledge and ability to understand the nuclear physics in the very low energy regimes, with a focus on the processes of astrophysical interest.			

- The student will deal with the peculiarities of the nuclear processes that determine the nucleosynthesis of the elements at the birth of the universe and in the other astrophysical objects appeared afterwards. Nuclear reactions determine the stellar evolution, the energy production, the neutrino luminosity. - The student will be able to apply the acquired knowledge to the comprehension of the nucleosynthesis, and will be able to present with appropriate terminology, also to non-experts, the origin of the elements. - The student will be able to understand and autonomously interpret the results of experimental measurements in Nuclear Astrophysics, and more in general in low energy Nuclear Physics, currently published in the literature, as well as to autonomously assess the soundness of the applied methodologies and of the results.
Propaedeuticities: none. / A knowledge of the fundamentals in experimental methods and statistical data analysis, quantum mechanics and nuclear physics, is expected. Is a propaedeuticity for: none
Types of examinations and other tests: Oral examination with a presentation on an assigned project.

Course: Nuclear Measurements	Teaching language: Italian
SSD: FIS/01, FIS/04	CFU: 6
Course year: I/II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course provides the knowledge required to perform experimental investigations aimed at the monitoring and detection of radioactivity related phenomena, at the production and detection of ionizing radiation and the related applications.	
Learning objectives: - The student will acquire a detailed knowledge of the basic principles governing radioactive decay, the production of ionizing radiation from natural and artificial sources, its effects, the dosimetry and the methodologies used to detect ionizing radiation. - The student will be able to apply the knowledge on radioactivity and the interaction of radiation with matter to plan and conduct measurements with the most common experimental methods at the atomic and nuclear scales. - The student will be able to understand and autonomously interpret the results of experimental measurements currently published in the literature. - The student will be able explain with proper terminology, also to non-experts, the principles, the methodologies and the results of measurements that use ionizing radiations, in fundamental Nuclear Physics research, in dosimetry and radioprotection and applied physics.	
Propaedeuticities: none. Is a propaedeuticity for: none	
Types of examinations and other tests: Oral examination based on the discussion of a paper from recent literature.	

Course: Nuclear Physics	Teaching language: Italian
SSD: FIS/04	CFU: 9
Course year: I	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course provides the theoretical and experimental tools needed to investigate the atomic nuclei, with a focus on their structure and the nuclear reaction mechanisms at low projectile kinetic energies.	
Learning objectives: The student will comprehend the main achievements in the study of the atomic nuclei at low energy. The most widely used nuclear models, and their experimental confirmation, will be introduced with the goal of understanding the nuclear structure and the nuclear reaction mechanisms. At the end of the class, the student will be able to: - Understand and describe the nucleon-nucleon interaction, discerning the diverse contributions in the phenomenological potentials on the basis of the symmetries and the experimental evidence on the nucleon-nucleon scattering and deuteron properties. - Comprehend the exchange character of the nuclear forces and their description as quantum operators in the interaction potentials. - Comprehend and describe the most widely used nuclear structure models and the related experimental	

results, deriving their fundamental relationships from classical and quantum physics frameworks. - Understand and apply the quantum physics principles and the Green functions technique, being aware of the corresponding approximations, to the elastic scattering theory and the complex collisions model. - Understand and depict the processes occurring in heavy ion collisions and the most widely used models describing them. - Take part in an experimental nuclear physics research project, using the acquired knowledge to design and conduct measurements, analyze the collected data, interpretate the obtained results.
Propaedeuticities: none. Basic knowledge of nuclear physics and quantum mechanics is expected. Is a propaedeuticity for: Physics of Exotic Nuclei; Nuclear Structure Theory.
Types of examinations and other tests: oral examination.

Course: Nuclear Physics for Environment and Cultural Heritage	Teaching language: Italian
SSD: FIS/01, FIS/04	CFU: 6
Course year: I/II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course will deal with the methodologies required for the study of the environmental radioactivity and nuclear techniques for archaeometric research and the diagnosis of cultural heritage, and those related to environmental modeling.	
Learning objectives: - The course aims at providing a sufficient level of knowledge and ability to understand the typical methods used in nuclear physics applied to the non-destructive or minimally invasive study of cultural heritage and environment. - The student will learn the basic principles that govern natural phenomena of interest and how they can be exploited for applications to cultural heritage and environment. - The student will be able to apply the acquired knowledge to the comprehension and the management of related applications with the major diagnostic techniques. - The student will be able to understand and autonomously interpret the results of experimental measurements currently published in the literature. - The student will be able to autonomously broaden their knowledge with textbooks, scientific papers, and research in the field of applied nuclear physics methodologies.	
Propaedeuticities: none Is a propaedeuticity for: none	
Types of examinations and other tests: Oral examination.	

Course: Nuclear Reactions	Teaching language: Italian
SSD: FIS/04	CFU: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course provides the theoretical and experimental knowledge required to study the phenomena arising from the interaction of nuclei, and the related spectroscopic methodologies.	
Learning objectives: - The student will acquire the knowledge on the mechanisms that underlie nuclear reactions and the most relevant models that describe them and allow to understand nuclear structure properties. The student will also understand the production of nuclei not naturally present on Earth, in laboratory or other environments as the astrophysical ones, for fundamental physics research and for applications. - The student will be able to understand the nuclear reaction mechanisms through conservation principles, corresponding observables and detection methodologies. - The student will be able to apply the acquired knowledge to design and realize measurements aimed at the determination of the properties of the nuclei and their excited states. - The student will be able to explain, also to non-experts in the field, with proper terminology the principles and the methodologies for nuclear physics studies and related applications.	
Propaedeuticities: none. A good understanding of classical physics, quantum theory and modern physics fundamentals is expected.	

Is a propaedeuticity for: Physics of Exotic Nuclei.		
Types of examinations and other tests: short essay on an assigned topic and oral examination.		
Course: Numerical Methods of Physics		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02		CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical and computational tools.		
Learning objectives: The course initiates the student to the use of the algorithms for numerical calculation used for solving complex problems in Physics. The student will also deepen his/her skills in analyzing the conditioning of problems and the stability of the algorithms. The topics of the course range from linear algebra to optimization problems, from numerical integration to Monte Carlo methods, and resolution of ordinary and partial differential equations.		
Propaedeuticities: - Is a propaedeuticity for: -		
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam		

Course: Optical Spectroscopy		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical treatment of the states of both atomic and molecular aggregates, as well as the skills for dealing with the properties of propagation and interaction of photons with fields and with matter. The skills of this sector also concern research in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, compounds and metallic and semiconductor elements, dilute states and plasmas, as well as photonics, optics, optoelectronics and quantum electronics.		
Learning objectives: The course aims at developing the acquisition of practical and theoretical knowledge on the experimental observation of natural phenomena exploiting the main techniques of the modern optical spectroscopy. At the end of the course the student will be able to: • Examine and describe basic physical processes underlying the modern optical spectroscopy techniques. • Understand and design experiments for the analysis of physical phenomena by using optical spectroscopy techniques based on both steady-state and time-resolved approaches. • Analyse and understand experimental findings of optical spectroscopy experiments and the corresponding physical mechanisms in different application fields (material analysis, diagnostics, sensors, etc.).		
Propaedeuticities: - Is a propaedeuticity for: -		
Types of examinations and other tests: Oral exam		

Course: Particle Physics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/01		CREDITS: 9	
Course year: I		Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data.			
Objectives: The course aims at providing knowledge and understanding of the fundamental constituents of matter and their interactions as well as the experimental basis of the Standard Model. At the end of the course the student will have			

acquired: -knowledge about the interactions of leptons, quarks and hadrons and the ability to perform calculations of cross sections and decay widths at the lowest perturbative level using the laws of quantum electrodynamics, the theory of strong and weak interactions and the unified electroweak model; -Knowledge, understanding and ability to critically evaluate the experimental results that allowed to establish the Standard Model.
Propaedeuticities: None. Is a propaedeuticity for: None.
Types of examinations and other tests: Written and oral examination.

Course: Particle Physics Laboratory	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/01	CREDITS: 9
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data.	
Objectives: Study of modern experimental techniques used in Elementary Particle Physics, with particular emphasis on the use of particle detectors for the measurement of fundamental quantities related to their detection and identification. Acquisition of skills in the handling and characterisation, in laboratory, of detection systems, suitably equipped with readout electronics and data acquisition in digital format.	
Propaedeuticities: None. Is a propaedeuticity for: None.	
Types of examinations and other tests: Oral examination and practical test.	

Course: Perturbative QCD	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical and computational tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena.	
Learning objectives: The course is aimed at developing the student's knowledge of the characteristics of a perturbative calculation of quantum chromodynamics as a function of its radiative content. In particular, at the end of the course the student will be able to: - Interpret the results of perturbative chromodynamics and evaluate the limits of the approximations used to obtain them. - Link the radiative content of the perturbation calculation with the phenomenological aspects that highlight chromodynamic effects. Design/Use code generators, Monte Carlo programs for fixed order computation and event generators.	
Propaedeuticities: Quantum Mechanics; Quantum Field Theory I. Is a propaedeuticity for: -	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral examination with discussion of a written project report.	

Course: Phenomenology of Elementary Particles	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical and computational tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at	

investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena.
Learning objectives: The course aims at providing students interested in Theoretical Physics of Elementary Particles with the tools to understand the current description of the processes between elementary particles induced by the strong and electroweak interactions within the Standard Model and to study the evidences of New Physics. Focus is on theoretical methods of analysis and their application, in the current research landscape. Effective theories of light and heavy quarks and non-perturbative methods such as quark models and applications of group theory will be studied. The phenomenology of π , K, D, B mesons, the violation of Charge*Parity (CP) symmetry and the phenomenology connected to neutrino physics and to the gauge sector of the Standard Model (including the Higgs boson physics) will be addressed.
Propaedeuticities: Quantum Field Theory I Is a propaedeuticity for: -
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam

Course: Philosophy of Scientific Knowledge	Teaching Language: Italian
SSD: M-FIL/01	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Theoretical philosophy. Analysis of the concepts of knowledge, experience and nature. Comparative evaluation of science as a form of understanding reality.	
Obiettivi formativi: The teaching aims to provide the key elements to define the concept of 'scientific knowledge'. The main skills to be acquired concern the ability to assess the legitimacy of the different epistemological approaches (empiricism, rationalism, conventionalism) used historically by physicists and philosophers to interpret physical theories and, more generally, the concept of 'scientific knowledge' itself. The course also aims to train the skills to evaluate 'science' more broadly in relation to the different 'non-scientific' forms of understanding reality (demarcation problem).	
Propedeuticità in ingresso: None. A textbook knowledge of the main authors and major philosophical currents is sufficient.	
Propedeuticità in uscita: None	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: : Oral exam.	

Course: Photonics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03	CREDITS: 6
Course year:	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical and experimental treatment of the propagation and interaction of photons with fields and with matter. The skills of this sector also concern research in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, compounds and metallic and semiconductor elements as well as photonics, optics, optoelectronics and quantum electronics.	
Learning objectives: The course is intended to provide students with competences essential to understanding the nature of light and its behaviour during propagation through diverse optical media. This is expected to enable students to utilize and/or design devices for waveguiding, for generation of radiation (LEDs, lasers), manipulation of optical beams (modulators of wavelength, polarization, wavefront), detection of the different properties of radiation, as well as fiber and waveguide interconnects, optical filters, and photonic crystals. The course explores both fundamental and applicative mechanisms, based on rigorous and well-established analytical and numerical methods. Specifically, students will be enabled to: - Analysing and presenting the mechanisms of generation, propagation, manipulation and detection of the different properties of light exploiting the most recent methods developed in the framework of Photonics. - Using and designing photonic devices relevant at both the concept and applied levels. - Reprocessing and effectively utilizing acquired knowledge to solve practical problems satisfying customized operation requirements - Illustrating the operation of the studied devices, used or designed with proper simulation methods.	

• Illustrating fundamental concepts and device design and operation.
Propaedeuticities: Propaedeutic exams are not required
Is a propaedeuticity for: None
Types of examinations and other tests: Oral exam

Course: Physical Basis of Magnetic Resonance	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/07; ING-INF/02	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course includes skills to understand and utilize the basic physical phenomena of Magnetic Resonance for diagnostic applications and related radiation protection aspects.	
Learning objectives: The course aims at providing knowledge of the basic aspects of Magnetic Resonance, used in medical diagnostics, related to both hardware and imaging as well as to the patient and worker safety. Students will also use some instrumentation and software for electromagnetic dosimetry.	
Propaedeuticities: None	
Is a propaedeuticity for: None	
Types of examinations and other tests: Oral exam	

Course: Physics and Philosophy	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/08	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course allows the students to acquire competences in the study of the history of physics as resulting from the onset of the physical ideas. It also aims at familiarizing the students with historical, philosophical and epistemological problems related to foundational concepts in classical and modern physics.	
Learning objectives: The purpose of the course is to offer the student the basic elements for evaluating the historical, philosophical, and epistemological path of physical science, as well as the methods used in scientific investigation. The cognitive goals pertain to the cultural study of the development and evolution of the ideas on which the scientific theories of physics are based, providing the student with a general picture of the complex history of scientific thought. The skills to be acquired concern the ability to identify the essential elements of a scientific work and the correlations between the different scientific conceptions of Nature, as well as the ability to criticize historically determined approaches, also with reference to the conceptual change from classical to relativistic and quantum physics. In addition to the knowledge of the open problems in the foundations of physics, the course also aims to support the ability to argue on the interpretations of some fundamental physical phenomena, providing the student to critically position himself with respect to the topics and research methods in physics.	
Propaedeuticities: Mastering of the courses of: Mechanics and Thermodynamics; Electromagnetism; Quantum Mechanics; Modern Physics. Knowledge of the main contents of the courses of Classical Electrodynamics and Quantum Physics.	
Is a propaedeuticity for: None	
Types of examinations and other tests: Oral Examination	

Course: Physics Education I	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/08	CREDITS: 9
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course allows the students to acquire competences in the study and development of teaching methods and transfer of the fundamental concepts and knowledge of physics. It also aims at familiarizing the students with issues related to foundational physics concepts	
Learning objectives: The course is aimed at acquiring skills in designing and implementing educational activities for the teaching of	

physics in secondary school. In particular, by studying proposals that emerge from experimentations in the fields of education and training and from research in physics education, we work around proposals that aim at the development of longitudinal paths based on a unitary vision of physics with particular attention to modeling processes and interpretation problems in the transition from classical to modern physics. At the end of the course, students will acquire skills in: -knowing research in physics education and planning educational activities for students and for teacher training; integrating strategies and appropriate technologies to improve learning and teaching, enhancing the resources of students and working simultaneously on physics and language, physics and mathematics, physics and technology; -recognize the role of pedagogy, the history of physics and epistemology in designing proposals in the teaching of classical and modern physics; -knowing how to communicate the evolution of the key concepts of physics and concepts that cross the various scientific disciplines.

Propaedeuticity: General Physics and laboratory

Is a propaedeuticity for: None

Types of examinations and other tests: Examination based on the discussion of a written project report

Course: Physics Laboratory		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/01		CREDITS: 9	
Course year: I		Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Skills required to carry out experimental research, particularly those for investigating physical processes and the operating principles of instrumentation used to control and detect physical phenomena, as well as for handling experimental data.			
Learning objectives: The course aims at developing the student's ability to describe and measure natural phenomena, design experimental apparatus, and analyze experimental results by using rigorous statistical-numerical processing. During the course, the student will carry out two or more laboratory experiments, consisting in the determination of specific physical quantities. The data produced will be collected and analyzed to draft reports that will be discussed during the exam. At the end of the course, the students will be able to: • Approach the measurement of physical quantities by placing the problem both in the theoretical context of acquired physical knowledge and within the framework of modern experimental physics techniques; • Design and carry out methodologically and conceptually relevant experiments in physics; • Rework their knowledge of Physics in new experimental situations; • Process the collected data using rigorous statistical-numerical processing techniques; • Present written reports on the main results of the data analysis.			
Propaedeuticities: None Is a propaedeuticity for: None			
Types of examinations and other tests: Oral exam consisting in the discussion of the reports on the laboratory experiments and the contents covered during the course.			

Course: Physics of Cosmic Radiation		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/01, FIS/04		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data. The competences of this subject area also cover research in the fields of physics related to nuclear reactors and radiogenic sources in general, as well as in the fields of nuclear electronics, radioactivity and particle physics of cosmic origin.			
Objectives: The course aims at illustrating various advanced topics in the physics of cosmic radiation, in order to understand developments in the various observations up to the most recent discoveries. Developments in experimental techniques for the various observations of cosmic radiation are explained to the student during the course, also with			

a view to future research applications in the field. At the end of the course the student will have acquired knowledge of the physics of cosmic rays, gamma photons, astrophysical neutrinos, gravitational waves and the experimental techniques and apparatus used to measure their properties.
Propaedeuticies: None. Is a propaedeuticity for: None.
Types of examinations and other tests: Oral examination.

Course: Physics of Exotic Nuclei	Teaching language: Italian
SSD: FIS/04	CFU: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course will deal with the theoretical and experimental methodologies required for the study of exotic nuclei, those having a ratio of the number of neutrons to the one of protons very different from corresponding stable nuclei. Connected experimental and technological challenges are presented.	
Learning objectives: - The student will acquire a detailed knowledge about the structure of exotic nuclei and of the most relevant reaction mechanisms that can be used for their characterization, of the main production and selection methods of exotic nuclei ion beams, as well as the main applications. - The student will be able to apply the acquired knowledge to plan and conduct measurements to experimentally determine exotic nuclei relevant characteristics. - The student will be able to understand and present with appropriate terminology the principles, the techniques and the results of measurements with exotic nuclei ion beams. - The student will be able to understand and autonomously interpret the results of experimental measurements currently published in the literature.	
Propaedeuticies: Nuclear Physics, Nuclear Reactions Is a propaedeuticity for: none	
Types of examinations and other tests: Oral examination.	

Course: Physics of Galaxies	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/05	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the skills necessary for the theoretical and observational study of astronomical and astrophysical phenomena, i.e. celestial bodies and systems of celestial bodies, cosmology, the physics of self-gravitating systems and gravitation, especially in its classical, statistical-mechanical and computational aspects, as well as space and cosmic physics.	
Learning objectives: the course introduces the study of the physical laws that determine the structure, dynamics and evolution of galaxies and cosmic structures with the aim of interpreting the observational evidence from photometric and spectroscopic studies within the framework of coherent physical models. The student will acquire the ability to construct simple models of galaxies at dynamical equilibrium, through the quantitative solution of exercises of varying difficulty proposed in lectures. The student will develop the ability to critically read contemporary literature.	
Propaedeuticies: None Is a propaedeuticity for: None	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.	

Course: Physics of stellar atmospheres	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/05	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the skills necessary for the theoretical and observational study of astronomical and astrophysical	

phenomena, i.e. celestial bodies and systems of celestial bodies, cosmology, the physics of self-gravitating systems and gravitation, especially in its classical, statistical-mechanical and computational aspects, as well as space and cosmic physics.

Learning objectives:

The course introduces the essential phenomenology and basic concepts of the physics of stellar atmospheres, with emphasis on the atmosphere of the Sun and solar-type stars. In particular, students will learn the main techniques to derive quantitative information from observations with both ground-based and space-based instruments of the electromagnetic and particle emission of the Sun and solar-type stars. By the end of the course, students will then be able to understand simple theoretical and observational articles on the physics of the Sun and solar-type stars.

Propaedeutcities: Astrophysics

Is a propaedeuticity for: None

Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.

Course: Physics of the Dark Universe		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/01, FIS/04		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data. The competences of this subject area also cover research in the fields of physics related to nuclear reactors and radiogenic sources in general, as well as in the fields of nuclear electronics, radioactivity and particle physics of cosmic origin.			
Objectives: The course is designed to introduce students to the physics of the Dark Universe, an advanced field of research at the boundary between astrophysics, cosmology and elementary particle physics that is constantly and rapidly evolving. The main topics are treated from both a phenomenological and an experimental point of view. In particular, at the end of the course the student will be able to: - understand the cosmological context and the models of dark matter and dark energy; - understand the results and observations of the main experiments related to the Dark Universe; - interpret plots and numerical data in relation to the proposed physical models. The student will also have developed the ability to present the topics covered and will be able to follow future developments independently.			
Propaedeutcities: None.			
Is a propaedeuticity for: None.			
Types of examinations and other tests: Oral examination.			

Course: Planetology		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/05		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the skills necessary for the theoretical and observational study of astronomical and astrophysical phenomena, i.e. celestial bodies and systems of celestial bodies, cosmology, the physics of self-gravitating systems and gravitation, especially in its classical, statistical-mechanical and computational aspects, as well as space and cosmic physics.			
Learning objectives: the course aims to introduce students to the study of planets. In the course, the formation, evolution and structure of the Solar System and planetary systems in general will be discussed. Subsequently, the main methods for the research and study of extrasolar planets will be studied, with particular emphasis on the study of extraplanetary atmospheres. The course also includes an introduction to the topics of astrobiology, i.e. the study of astrophysical conditions favourable to the formation and evolution of life. Finally, the main current and future observational projects in this field of research will be discussed. The aim of the course is to enable the student to acquire a solid physical basis for the study of advanced research problems in the field of exoplanetology and astrobiology.			

Propaedeuticities: Astrophysics
Is a propaedeuticity for: None
Types of examinations and other tests: written and/or oral exam.

Course: Plasma Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03	CREDITS: 6
Course year: I/II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical and experimental treatment of the states of plasmas as well as the skills suitable for the treatment of the interaction properties of plasmas with fields and matter. The competences of this sector also concern research in the fields of plasma physics.	
Learning objectives: The course aims at providing a basic knowledge of plasma physics that is relevant: - to describe the main fundamental physical processes that indicate that matter, in addition to ordinary aggregation states (solid, liquid and gas) can also occur in the state of plasma, also called the fourth state of matter; - to attribute plasma to the role of a unifying element between various frontier disciplines: from the physics of ultra-intense gradient particle accelerators to the physics of controlled thermonuclear fusion; - to enable the acquisition of physical methodologies that provide the description of collective phenomena in both kinetic and fluid theories of plasma.	
Propaedeuticities: Propaedeutic exams are not required Is a propaedeuticity for:	
Types of examinations and other tests: Oral exam with discussion of a project report	

Course: Quantum Field Theory I	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena. Research on relativistic theories.	
Learning objectives: The aim of the course is to introduce the student to Quantum Field Theory, i.e., the Quantum Mechanics of physical systems with infinitely many degrees of freedom in the relativistic regime. We start with the interpretative difficulties in combining Special Relativity with Quantum Mechanics and we proceed with the Second Quantization of the Klein-Gordon and Dirac fields. Perturbation theory will be developed to deal with interaction theories and the Feynman diagram method will be introduced. Quantum electrodynamics will be discussed as a gauge theory and the elementary processes in this theory will be studied at the lowest order. Once a Lagrangian has been assigned, the student, at the end of the course, will be able to derive the symmetries of the theory, write the Feynman rules and calculate the cross sections of elementary processes involving spin-0 and spin-1 bosons, and fermions of spin 1 / 2.	
Propaedeuticities: Quantum Mechanics; Classical Electrodynamics. Is a propaedeuticity for: Phenomenology of Elementary Particles; Theoretical Astroparticle Physics; Theoretical Physics of Fundamental Interactions; Introduction to Quantum Gravity; Perturbative QCD; Quantum Field Theory II; String Theory.	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.	

Course: Quantum Field Theory II	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate	

mathematical tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena. Research on relativistic theories.

Learning objectives: The aim of the course is to form students who have a detailed understanding of the fundamental aspects of Quantum Field Theory not only from a perturbative point of view. The methods for dealing with the divergences that arise, in perturbation theory, at next-to-leading orders, as well as the regularization and renormalization methods, will be addressed. The renormalizability of the field theories and the renormalization group will be discussed. Non-Abelian gauge theories (Yang-Mills theories) will be introduced and their quantization will be done with the functional integral formalism. The study of symmetries and spontaneous symmetry breaking will also be addressed in relation to the construction of the Standard Model of strong and electroweak interactions. Non-perturbative aspects of field theory will be treated, such as, for example, the Gribov problem. At the end of the course, the student will, among other things, be able to evaluate scattering amplitudes and cross sections within gauge theories, Abelian and non-Abelian, of physical processes even at higher perturbative orders.

Propaedeutics: Quantum Field Theory I.

Is a propaedeuticity for: None.

Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam

Course: Quantum Mechanics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/02		CREDITS: 9	
Course year: I		Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena.			
Learning objectives: The course provides students with a solid knowledge of scattering theory in Quantum Mechanics, and of modern developments connected with the concept of entanglement, including the Bell inequality and quantum teleportation. Much space is reserved also to the systematic study of invariance and symmetry properties of quantum systems, under rotations and translations (Wigner and Wigner-Echart theorems, tensor operators). The course includes as well an introduction to the Feynman path integral.			
Propaedeuticities: - Is a propaedeuticity for: Quantum Field Theory I.			
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam			

Course: Quantum Open Systems		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6	
Course year:		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical treatment of the states of both atomic and molecular aggregates, as well as the skills for dealing with the properties of propagation and interaction of photons with fields and with matter. The skills of this sector also concern research in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, compounds and metallic and semiconductor elements, dilute states and plasmas, as well as photonics, optics, optoelectronics and quantum electronics.			
Learning objectives: Closed systems are always an idealization of reality. Interactions of the system with its environment are a key aspect for the description of real experiments. The course will provide information on: i) Quantum Probability e Density Matrix; ii) Quantum Master Equations; iii) Notion of Markovian Open Systems and Lindblad Evolution; iv) Kraus maps; v) Brief Introduction of Non-Markovian Dynamic; vi) Feynman Path Integral for system-environment applications (real and imaginary time); vii) Feynman-Vernon functional; viii) Polarons; ix) Caldeira-Legget model and macroscopic quantum tunneling; x) Spin-Boson model; xi) Many-Body dissipative systems and Keldysh approach for out-equilibrium systems; xii) Quantum Information Applications.			
Propaedeuticities: Quantum Mechanics, Statistical Mechanics I Is a propaedeuticity for: -			
Types of examinations and other tests: Oral exam			

Course: Quantum Optics and Information		Teaching Language: Italian	
--	--	--------------------------------------	--

SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6
Course year: I/II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical treatment of the states of both atomic and molecular aggregates, as well as the skills for dealing with the properties of propagation and interaction of photons with fields and with matter. The skills of this sector also concern research in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, compounds and metallic and semiconductor elements, dilute states and plasmas, as well as photonics, optics, optoelectronics and quantum electronics.		
Learning objectives: To be able to describe and understand experimental results and theoretical modelling of photonic and light-matter interactions, including quantum-optical implementation of quantum-information protocols. To be able to properly describe the quantum optical measurements using operator and density matrix formalisms. To be able to use different quantum state and process representations such as density matrix, quasi-probability distribution, Master equation for describing quantum optical systems. To get confidence with quantum information principles and the main bounding blocks of its protocols with regards, in particular, to description and evolution of the involved quantum states from generation techniques to detection.		
Propaedeuticities: - Is a propaedeuticity for: -		
Types of examinations and other tests: Oral exam		

Course: Quantum Phases of Matter		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical and experimental treatment of the states of both atomic and molecular aggregates. The skills of this sector also concern research in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, compounds and metallic and semiconductor elements, dilute states and plasmas.		
Learning objectives: Quantum mechanics is used as a tool for the description of the phases of matter at low temperatures and of the transitions towards states of macroscopic quantum coherence such as Superfluidity, Superconductivity, integer and fractional quantum Hall effect. Furthermore, the topological phases of matter and the devices for quantum computation are introduced. The course presents: • superfluidity and superconductivity as states showing macroscopic coherence. • fundamental characteristics of low dimensional semiconductor devices such as tunnel junctions, Hall bars and superconducting devices such as Josephson junctions, dc/ac SQUID, superconducting quantum bits for universal and adiabatic quantum information. • properties of materials in which the electronic conduction is topologically protected, starting from the Berry Phase of the electronic wave function in polyacetylene, up to the topologically protected edge electronic states in Topological Insulators and Superconductors with discussion on their relevance in spintronics and in topological quantum information.		
Propaedeuticities: Statistical Mechanics Is a propaedeuticity for: None		
Types of examinations and other tests: Oral exam		

Course: Quantum Physics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/02		CREDITS: 6	
Course year: I		Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Skills necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, starting from principles and fundamental laws, with the aid of appropriate mathematical tools, as well as skills required for the application-focused deepening of the mathematics aimed at investigation, theoretical treatment, and modeling of physical phenomena.			

Learning objectives: The student will gain a solid understanding of the principles of Quantum Physics and the related fundamental phenomena, including atomic structure, particle scattering processes, angular momentum theory, identical particles, time-dependent Hamiltonians, and relativistic wave equations.
Propaedeuticities: none. Is a propaedeuticity for: none.
Types of examinations and other tests: written and oral exam.

Course: Quantum Theory of Measurement	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena. Research on foundations of physics.	
Learning objectives: The main aim of the course is to provide the student with some concepts and tools of quantum measurement theory that are fundamental for a deeper understanding of quantum mechanics and quantum information, and of the sharp differences – but also of the analogies – between classical and quantum theory. The course is also aimed at introducing the student to the theory of open quantum systems and quantum decoherence. Moreover, during the course some advanced technical tools will be discussed that are of central importance for the modern applications of quantum physics and for quantum information science.	
Propaedeuticities: Quantum Mechanics. Is a propaedeuticity for: None.	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.	

Course: Radiation Biophysics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/07	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course entails the skills required to understand the mechanistic bases and biophysical models of the biological action of interest for human health exerted by the interaction of ionising radiations with the biological matter at the molecular, cellular and tissue level. Theoretical and experimental notions will be also provided for the quantification of such effects and their relevance in radiation protection and radiotherapy. In addition, novel therapeutical approaches will be illustrated that are based on nuclear physics reactions (e.g., BNCT, PBCT) or peculiar temporal regimes.	
Learning objectives: The course aims at providing the student with a basic knowledge of the biological action of ionising radiations in order for them to: - Understand the role of the spatio-temporal distribution of the energy deposition events at the nano- and micrometric scale plays in the induction of biomolecular, cellular and systemic effects; - Correlate the diversity and severity of such effects with physical and biological parameters such as the dose, the track ionization density and structure, the DNA repair efficiency and the genetic profile; - Learn some techniques to quantify radiation-induced cytogenetic damage to compare the effectiveness of varying quality radiations and/or varying dose rates that justify novel approaches such as hadrontherapy or FLASH radiotherapy.	
Propaedeuticities: None Is a propaedeuticity for: None	
Types of examinations and other tests: Oral examination	

Course: Radiation Dosimetry	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/07	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: C

Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The Course includes competences for understanding the absorption of ionizing radiation in matter, and for using instruments for radiation dose measurements related to medical diagnosis and therapy.	
Learning objectives: The course aims at providing knowledge of the basic aspects of ionizing radiation dosimetry, used in medical diagnostics and therapy, and of the corresponding main physical quantities and their relationships, of the dosimetric principles, of protocols, and usage of radiation dosimeters. Students will also use some of these instruments in laboratory sessions.	
Propaedeuticities: None Is a propaedeuticity for: Laboratory of Medical Physics	
Types of examinations and other tests: Oral exam	

Course: Radiotherapy Physics		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/07		CREDITS: 6 CFU	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course includes skills suitable for the study and development of physical methodologies (theoretical and experimental) necessary for both the description and understanding of living matter in the biological and medical context, and the development and use of instrumentation necessary for the control and detection of physical phenomena in the field of ionizing radiation therapy.			
Learning objectives: The students will learn about radiotherapy physics, particularly concerning external beam radiotherapy. The course will describe beam production and delivery, theoretical basis for fractionation and treatment planning, and new methods such as SBRT and charged particle therapy.			
Propaedeuticities: None Is a propaedeuticity for: None			
Types of examinations and other tests: Written exam			

Course: Research Methods in Physics Education		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/08		CREDITS: 9
Course year: I	Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course allows the students to acquire competences in the study and development of teaching methods and transfer of the fundamental concepts and knowledge of physics.		
Learning objectives: The course is designed to allow learners to acquire a thorough and rigorous knowledge about the statistical methods used in physics education and science education research. The course will address the different types of investigation tools used in the educational field (Likert scales, concept inventories, etc ..). Moreover, the course will focus on the use of the most common data analysis software in educational and sociological research such as, for example: IBM SPSS, IBM AMOS, SPAD, Process, Jamovi, Winsteps. At the end of the course the student will be able to: - Autonomously choose the most suitable type of investigation tool to answer his/her research questions - Autonomously choose the most appropriate type of data analysis to analyze the data collected through the adopted survey tools - Process and organize independently the data collected using quantitative and qualitative techniques - Report the results in form of a research article		
Propaedeuticities: None. However, some basic elements of statistics acquired in the laboratory courses can help Is a propaedeuticity for: None		
Types of examinations and other tests: Writing of a short research article		

Course: Seismology	Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/06		CREDITS: 9

Course year: II	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course the necessary skills to define and develop physical and mathematical methods to study solid Earth will be given.	
Learning objectives: The course aims at providing knowledge and understanding of the theory and experimental application of seismogram and general seismic data analysis. Also, the course aims to show how this knowledge and understanding is applied to the simulation of seismic signals generated by an extended source in a heterogeneous medium. During the course, numerical exercises will be given to increase the ability of the student to make judgements about the application of the knowledge to seismic modeling using numerical techniques developed in modern seismological labs. In particular, at the end of the course the student will: - Master the basic concepts of the theory of generation and propagation of seismic signals. - Understand and autonomously develop applications of that concepts to the analysis of seismic signals generated by an extended source in a heterogeneous medium. - Autonomously develop simple seismogram simulations.	
Propaedeuticities: none. A good knowledge of the basic concepts of linear and vector algebra, differential equations, Fourier theory of function expansion, signal processing, elasticity, probability and statistics is required.	
Is a propaedeuticity for: none.	
Types of examinations and other tests: oral with the discussion of a brief numerical application of seismic techniques previously assigned.	

Course: Sensors, detectors and related electronics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/01	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data.	
Objectives: The course aims at developing the ability to analyse and design measurement equipment, including the related electronics (analogue and digital) required for signal processing. In particular, at the end of the course, the student will be able to: - Know some of the most recent types of sensors and detectors. - Investigate the physics underlying the operation of sensors and detectors as well as signal formation. - Analyse the dynamics of signals by means of the Laplace transform method also with the use of numerical programmes. - Learn some of the techniques for analogue signals processing. - Consolidate and deepen some aspects of digital electronics. - Critically analyse and design some measuring equipment.	
Propaedeuticities: None.	
Is a propaedeuticity for: None.	
Types of examinations and other tests: Oral examination and practical test.	

Course: Signal Processing and Analysis	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/01, FIS/06, FIS/07	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course the necessary skills to develop and improve methods of data collection, analysis and interpretation will be given.	
Learning objectives: The course aims at providing knowledge and understanding of the theory and experimental application of digital signal processing. Also, the course aims to show how this knowledge and understanding is applied to, but not limited to, the modeling of seismic signals. During the course, numerical exercises will be given to increase the ability of the student to make judgements about the application of the knowledge to seismic modeling using numerical	

techniques and sw. In particular, at the end of the course the student will:
- Master the basic concepts of the theory of digital signal processing. - Understand and autonomously develop applications of that concepts to the modeling of seismic signals, but not only to that - Autonomously develop simple applications of numerical methods and sw to digital signal processing.
Propaedeuticities: none. Nevertheless, a good knowledge of the basic concepts of linear and vector algebra, differential equations, Fourier theory of function expansion, probability and statistics.
Is a propaedeuticity for: none. Nevertheless, the knowledge acquired may be useful for the Seismology course.
Types of examinations and other tests: oral with the discussion of a brief numerical application to seismic signals previously assigned.

Course: Soft Matter Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03	CREDITS: 6
Course year: I/II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical and experimental treatment of liquid and solid states, of compounds, of diluted states. Skills for dealing with the properties of soft matter.	
Learning objectives: The course aims at providing to the students a basic knowledge about Soft Matter Physics, which is the subclass of Condensed Matter Physics that deals with materials and systems characterized by a high degree of deformability and by the emergence of self-organizing phenomena. In particular, the course deals with the study of liquids, polymers, liquid crystals, colloids, gels, foams and biological matter, as well as self-organization and thermodynamics and kinetics of phase transitions. It also addresses application aspects based on the use of some of the materials listed above. The course aims at: • Strengthening the student's general knowledge in the field of condensed matter • Developing new knowledge in the field of soft matter and its applications • Encouraging communication skills through the guided preparation of presentations on some specific topics.	
Propaedeuticities: Propaedeutic exams are not required	
Is a propaedeuticity for: None	
Types of examinations and other tests: Oral exam	

Course: Solid State Physics I	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical and experimental treatment of the states of both atomic and molecular aggregates, as well as the skills needed for the treatment of the mechanical, optical and transport properties of condensed matter. The skills of this sector also concern research in the fields of physics of liquid and solid states, of compounds and of metallic and semiconductor elements.	
Learning objectives: The main objective of the course is to develop the student's ability to build descriptive theoretical models of the most significant phenomena about solid state physics. In particular, at the end of the course the student will be able to: - Examine the phenomenology of thermal and electrical conduction processes as well as of optical properties of solids. - Understand, use and, if necessary, extend the theoretical models. - Judge the quality of a model on the basis of comparison with empirical data. - Contextualize a model by placing it in the domain to which similar models belong. - Expose the results of their own elaborations in the form of a written report, public presentation etc.	
Propaedeuticities: Propaedeutic exams are not required	
Is a propaedeuticity for: None	
Types of examinations and other tests: Oral exam	

Course: Solid State Physics II		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical and experimental treatment of the states of both atomic and molecular aggregates, as well as the skills needed for the treatment of the mechanical, optical and transport properties of condensed matter. The skills of this sector also concern research in the fields of physics of liquid and solid states, of compounds and of metallic and semiconductor elements.			
Learning objectives: The course is aimed at providing students with knowledge on the most modern developments in Solid State Physics, concerning both novel materials and devices and application of advanced theoretical methods to their study and comprehension. In particular, at the end of the course the students will have fundamental knowledge in the fields of: • quantum confinement and nanostructured materials, including two-dimensional materials; • advanced methods in the study of materials, Density Functional Theory in particular, with computer simulations aimed at showing the applications of these methods to the calculations of the electronic and structural properties of simple materials (including graphene). The course aims at guiding the student towards modern perspectives in the field of condensed matter, on the one hand and, on the other hand, to provide basic knowledge in the context of a curriculum of Matter Physics (such as quantum confinement) that are not already object of study in fundamental courses.			
Propaedeutcities: Solid State Physics I Is a propaedeuticity for: None			
Types of examinations and other tests: Oral exam			

Course: Statistical Mechanics I		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/02		CREDITS: 6	
Course year: I		Type of Educational Activity: B, C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Research on statistical aspects of complex physical systems			
Learning objectives: This is an Institutional Statistical Mechanics course that covers the fundamentals of Statistical Mechanics and its applications ranging from Theoretical Physics (e.g. entropy of black holes), Astrophysics (e.g. background radiation), Solid State Physics (e.g. Bose-Einstein condensation) to the thresholds of Complex Systems theory. Important applications in e.g. finance are also discussed.			
Propaedeutcities: - Is a propaedeuticity for: Statistical Mechanics II			
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.			

Course: Statistical Mechanics II		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/02		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: B	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Research on statistical aspects of complex physical systems.			
Learning objectives: This is an advanced course in Statistical Mechanics focused on topics ranging from Statistical Field Theory to dynamical processes and chaos, up to the theory of Self-Organized Criticality. The course also covers important applications in Theoretical Physics as well as in Condensed Matter Physics.			
Propaedeuticities: - / Knowledge of the fundamentals of Statistical Mechanics is required. Is a propaedeuticity for: -			
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam			

Course: Stellar Evolution		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/05		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: It includes the skills necessary for the theoretical and observational study of astronomical and astrophysical phenomena, i.e. celestial bodies and systems of celestial bodies, cosmology, the physics of self-gravitating systems and gravitation, especially in its classical, statistical-mechanical and computational aspects, as well as space and cosmic physics.			
Learning objectives: The course is aimed at understanding the structure and evolution of stars as a function of their initial mass and chemical composition and at interpreting the color-magnitude diagrams observed through stellar physics. In particular, at the end of the course the student will be able to: - Describe the evolutionary path of a star as its mass and chemical composition changes, up to the final stages. - Interpret observed colour-magnitude diagrams. - Explain evolutionary differences in terms of differences in physical and numerical inputs. - Understand the difference between evolutionary and isochronous tracks and between simple, composite and unresolved stellar populations. Describe the fundamentals of stellar pulsation and the physical basis for using classical pulsating stars as distance indicators and stellar population tracers.			
Propaedeuticities: Astrophysics Is a propaedeuticity for: None			
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.			

Course: STEM Education		Teaching Language: Italian	
SSD: FIS/08		CFU: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: During the course, skills are provided for the transfer of fundamental concepts and knowledge of physics			
Learning objectives: The course will enable learners to acquire in-depth knowledge on the design and implementation of multidisciplinary educational interventions centered on STEM (Science - Technology - Engineering - Mathematics) subjects for secondary school. The course will complete the training of the master's degree student by enabling him or her to apply educational technologies and pedagogical methodologies learned in other courses to the expanded STEM field, with a view to teaching civic education and implementing pathways for transversal skills and orientation (PCTO). Finally, the Course will allow students to explore cross-curricular themes of physics present in the national indications and which can be declined from the perspective of STEM teaching. At the end of the course the student will have to demonstrate that he/she - be able to document activities, design worksheets and assessment tools to structure teaching interventions in secondary school in the STEM perspective. - to know how to select appropriate teaching materials and activities to propose to secondary school students in accordance with what is provided in the National Directions for High Schools and in Italian school practice for STEM subjects - to know how to reconstruct from the educational point of view the knowledge and research methodologies peculiar to physics and other STEM disciplines in order to be able to design educational interventions suitable for secondary school students of first and second grade			
Propaedeuticities: Educational Technologies for Physics Teaching, Didactical Design for Physics or Design of Educational Activities Is a propaedeuticity for: None			
Types of examinations and other tests: Examination centered on the discussion of written educational worksheets designed by the student			
Course: String Theory		Teaching Language: Italian	
SSD (Subject Areas): FIS/02		CREDITS: 6	
Course year: II		Type of Educational Activity: C	

Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena.	
Learning objectives: The course intends to transmit to the student knowledge of the primary concepts and the fundamental mathematical tools of String Theory and of its recent developments. At the end of the course, the student will know: - methods to quantize the open and closed bosonic string including BRST quantization and path integral methods; - conformal field theory in two and higher dimensions and its application in String Theory and holography; - modern Quantum Field Theory methods relevant for string theory applications; - dualities in String Theory and the holographic principle; - strings and branes, low energy effective field theories.	
Propaedeutici: Quantum Field Theory I; General Relativity and Gravitation. Is a propaedeuticity for: None.	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.	

Course: Superconducting Quantum Technologies		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Necessary skills for the theoretical treatment of the states of both atomic and molecular aggregates, as well as the skills for dealing with the properties of propagation and interaction of photons with fields and with matter. The skills of this sector also concern research in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, compounds and metallic and semiconductor elements, dilute states and plasmas, as well as photonics, optics, optoelectronics and quantum electronics.		
Learning objectives: This course is meant to accompany the student in advanced knowledge on concepts and experiments of quantum computing and quantum communication, both employing low-power superconducting electronics. We intend to privilege an experimental path, which enables the student to understand and apply notions of quantum information to real quantum devices. The student will be able to design and characterize a qubit or an ensemble of qubits, coupled to a superconducting resonator. This will be realized through suitable programming of the measurement sequences and protocols through Phyton.		
Propaedeuticities: - Is a propaedeuticity for: -		
Types of examinations and other tests: Oral exam		

Course: Techniques for particle acceleration		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/01, FIS/03		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The subject area encompasses the skills necessary to carry out experimental research, in particular those for investigating physical processes and the principles of operation of instrumentation suitable for the control and detection of phenomena, the production and detection of radiation, metrology and the processing of experimental data. The competences of this subject area also cover research in the fields of atomic and molecular physics, liquid and solid states, metallic and semiconductor compounds and elements, dilute states and plasmas, as well as photonics, optics, optoelectronics and quantum electronics.		
Objectives: The course aims at providing an understanding of modern experimental techniques of particle beam acceleration with a focus on the role of the plasma state in this context. At the end of the course the student will be able to - describe the main fundamental physical processes governing the plasma state - understand the physics of ultra-intense gradient particle accelerators - understand the role of plasma in other aspects such as the physics of controlled thermonuclear fusion.		

Propaedeutics: None.
Is a propaedeuticity for: None.
Types of examinations and other tests: Oral examination.

Course: Theoretical Astroparticle Physics	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02	CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical and computational tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena.	
Learning objectives: The course aims at forming students who are familiar with the leading subjects in the field of "Astroparticle" today: physical Cosmology and Cosmic Rays. A rigorous understanding of the physics taking place throughout (and at "crucial" points of) the evolution of the Cosmological Universe (e.g., Primordial Nucleosynthesis to Structure Formation) is one main goal, and for this the students will have to: become familiar with the physical processes taking place in the Universe described by the Cosmological model (and the model itself); relate those physical processes to observables that can be measured by experiments; test those observables against the underlying cosmological model to verify/falsify it, this identifying the most crucial "issues" of the Cosmological model today. In the second part of the course, the students will gain familiarity with the empirical evidence for Cosmic Rays, and the physics underlying their detection, production, and propagation.	
Propaedeutics: Quantum Field Theory I; General Relativity and Gravitation Is a propaedeuticity for: -	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam, based on the independent development of an elaborate on subject identified by teacher and student together. The goal of the exam is to prove the independence of the student in understanding and identifying the leading themes in the course subject.	

Course: Theoretical Physics of Fundamental Interactions	Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): F IS/02	CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical and computational tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena.	
Learning objectives: The course introduces the student to the systematic study of fundamental interactions. Students will learn to use quantum field theory and group theory to describe the results of experimental data in particle physics. The topics of the most recent theories at the frontiers of our knowledge of the physical world will be addressed. Students will acquire the tools to construct new theories describing the phenomenology of fundamental interactions.	
Propaedeutics: Quantum Field Theory I; Is a propaedeuticity for: -	
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam	

Course: Theory of Nuclear Structure	Teaching language: Italian
SSD: FIS/04	CFU: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: The course provides the knowledge required to study the phenomena proper of the nucleus structure. The theories,	

based on fundamental principles and laws, are presented using of state of the art mathematical and computational methodologies.

Learning objectives:

- The student will understand the most widely used theories and models that describe the nucleus structure, and the fundamentals of the theory of nuclear forces.
- The student will know the conditions, and the corresponding limits, to describe the structure of the nucleus with different modern theoretical approaches and related models.
- The student will be able to use the acquired knowledge to compare theoretical predictions with experimental data, possibly using existing software.
- The student will be able to read and understand relevant literature and assess its methodological soundness. Will be able to communicate, with proper terminology, the features of the models and their applications, their limitations and possible extensions.
- The student will widen his/her knowledge through discussions of open issues in actual research.

Propaedeuticities: Nuclear Physics.

Is a propaedeuticity for: none.

Types of examinations and other tests: short essay on an assigned topic and oral examination.

Course: Theory of Quantum Information		Teaching Language: Italian
SSD (Subject Areas): FIS/02		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Contents extracted from the SSD declaratory list consistent with the learning objectives of the course: Cultural background necessary for the theoretical treatment of physical phenomena, with the help of appropriate mathematical and computational tools, as well as the skills appropriate for the application of mathematics aimed at investigating, treating theoretically and creating models of physical phenomena.		
Learning objectives: This course is aimed at giving students a command of the methods, tools and goals of Quantum Information Theory. The student will be able to understand the literature in the field, potentially towards beginning research. Topics include quantum circuits, quantum Fourier transform and search algorithms, quantum operations formalism, theory of error correction, fault tolerant quantum computation, entanglement, cryptography, quantum measurement, quantum metrology, quantum complexity, applications to quantum many-body systems, black holes, quantum thermodynamics.		
Propaedeuticities: Quantum Mechanics. Is a propaedeuticity for: None.		
Types of examinations and other tests: Written and/or oral exam.		

Training Activity: under Art. 10, c. 5, letter d		Training Activity Language: Italiano
Content of the activities consistent with the training objectives of the course: Other knowledge useful for favouring job placement, enhancing computer and information technology, and other skills.		CFU: 2
Course year: I		Type of Training Activity: F
Teaching Methods: The activities can be carried out in person, remotely, or by participating in schools, internships, and events promoting and disseminating physics.		
Objectives: Training activities aimed at acquiring additional knowledge and/or skills, such as language skills other than English, computer and information technology skills, relational and organizational abilities through participation in or organization of events for the promotion and dissemination of physics, professional activities or activities useful for job placement, as well as supplementary training activities for acquiring knowledge and methodologies aimed at thesis work not already included in the course of study. The main purpose of these training activities is to provide the student with additional knowledge and/or skills that are useful for completing their education, by acquiring further knowledge relevant to their course of study, developing relational and organizational skills, or facilitating entry into the workforce.		
Propaedeuticities: None.		
Is a propaedeuticity for: None		

Types of examinations and other tests: The credits related to these activities are awarded by the CCD coordinator upon submission of appropriate documentation.

Training Activity: under Art. 10, c. 5, letter d	Training Activity Language: Italian and other selected European Union language
Content of the activities consistent with the training objectives of the course: Additional language skills.	CFU: 4
Course year: I	Type of Training Activity: F
Teaching Methods: The activities can be carried out in person or remotely by attending courses at the University Language Center or by attending courses at institutions that issue foreign language proficiency certificates.	
Objectives: Training activities aimed at acquiring additional language skills, with the ability to use at least one European Union language other than Italian fluently, both in written and oral form, including disciplinary and technical lexicons. The purpose of this training activity is to provide the student, in accordance with regulatory guidelines, with the ability to fluently use at least one European Union language other than Italian, both in written and oral form, including disciplinary and technical lexicons, at a level comparable to B2 of the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR).	
Propaedeutici: None. Is a propaedeuticity for: None.	
Types of examinations and other tests: Proficiency is achieved through a specific test administered by the University Language Center or through certifications from institutions authorized to issue foreign language proficiency certificates. The credits related to the knowledge of a European Union language other than Italian are awarded by the CCD coordinator upon submission of appropriate documentation.	

Training Activity: under Art. 10, c. 5, letter d	Training Activity Language: Italian
Content of the activities consistent with the training objectives of the course: Training and orientation internships.	CFU: 6
Course year: II	Type of Training Activity: F
Teaching Methods: In-person or remote activities, depending on the type of training or orientation internship.	
Objectives: Carrying out training and/or orientation internships that are consistent with the course of study. The purpose of the activity is to provide the student with a training and/or orientation internship that is useful for developing skills aligned with the professional activities anticipated by their study program and for entering the workforce.	
Propaedeutici: None. Is a propaedeuticity for: None.	
Types of examinations and other tests: Credits for these activities will be awarded by the CCD Coordinator based on appropriate documentation confirming the completion of the internship and following a positive assessment by a CCD committee.	

Conclusive remark: where necessary, all lessons can also be delivered in English, e.g. in the presence of foreign students (Erasmus, Educational Agreement, etc.).