

Corsi di Studio in Fisica
LAUREA MAGISTRALE IN FISICA
Classe LM-17 "Fisica" del DM 270/04

REGOLAMENTO DIDATTICO

A.A. 2021/2022 e successivi

(prima approvazione: CCD 22-10-2020)

ARTICOLO 1

Definizioni

1. Ai sensi del presente Regolamento si intende:
 - a) per Scuola, la Scuola Politecnica e delle Scienze di Base dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II";
 - b) per Dipartimento, il Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini" dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II";
 - c) per Regolamento sull'Autonomia Didattica (RAD), il Regolamento recante norme concernenti l'Autonomia Didattica degli Atenei di cui al D.M. del 3 novembre 1999, n. 509 come modificato e sostituito dal D.M. 23 ottobre 2004, n. 270;
 - d) per Regolamento Didattico di Ateneo (RDA), il Regolamento Didattico approvato dall'Università ai sensi del DM del 23 ottobre 2004, n. 270;
 - e) per Corso di Laurea Magistrale, il Corso di Laurea Magistrale in Fisica, come individuato dal successivo art. 2;
 - f) per titolo di studio, la Laurea Magistrale in Fisica, come individuata dal successivo art. 2;
 - g) per Laurea di 1° livello in Fisica, la Laurea di 1° livello in Fisica della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", ove non altrimenti specificato;
 - h) per Commissione o CCD, la Commissione di Coordinamento Didattico della Laurea Magistrale in Fisica, ove istituita, ovvero il Consiglio di Dipartimento di Fisica riunito per esercitare funzioni di coordinamento ai sensi dell'art. 29 co. 12 dello Statuto di Ateneo;
 - i) nonché tutte le altre definizioni di cui all'art. 1 del RDA.

ARTICOLO 2

Titolo e Corso di Laurea

1. Il presente Regolamento disciplina il Corso di Laurea Magistrale in Fisica appartenente alla classe LM-17 "Fisica" di cui alla tabella allegata al D.M. 16 marzo 2007 e al relativo Ordinamento Didattico, afferente alla Scuola Politecnica e delle Scienze di Base.
2. Gli obiettivi formativi qualificanti del Corso di Laurea Magistrale sono quelli fissati nell'Ordinamento Didattico.
3. I requisiti di ammissione al Corso di Laurea Magistrale sono quelli previsti dalle norme vigenti in materia. Altri requisiti formativi e culturali possono essere richiesti per l'accesso, secondo le normative prescritte dall'art. 11 del RDA e dall'art. 4 del presente Regolamento.
4. La Laurea Magistrale si consegue al termine del Corso di Laurea e comporta l'acquisizione di 120 Crediti Formativi Universitari (CFU).

ARTICOLO 3

Struttura didattica

1. Il Corso di Laurea, secondo quanto previsto dall'art. 4 del RDA e salvo quanto previsto dal comma 6 dell'art. 46 dello Statuto, è retto di norma dalla CCD presieduta dal Coordinatore, eletto dal Consiglio di Dipartimento ~~di Fisica~~ secondo quanto previsto dallo Statuto.

2. Il Coordinatore ha la responsabilità del funzionamento della Commissione, ne convoca le riunioni ordinarie e straordinarie.
3. La Commissione e il Coordinatore svolgono i compiti previsti dallo Statuto e dal RDA.

ARTICOLO 4

Requisiti di ammissione al Corso di Laurea, attività formative propedeutiche e integrative

1. Per l'ammissione al Corso di Laurea Magistrale, oltre al possesso del titolo di studio specificato dall'art.6, comma 2 del DM 270/04, è richiesto allo studente il possesso di una preparazione iniziale indicata nell'Allegato A, che costituisce parte integrante del presente Regolamento.
2. Allo scopo di ovviare all'eventuale carenza di preparazione iniziale, la CCD può prevedere l'organizzazione di attività formative propedeutiche o integrative da espletarsi ai fini della immatricolazione. Attività propedeutiche e attività formative integrative possono essere svolte da docenti del Corso di Laurea e/o da altri docenti della Scuola, sulla base di un ampliamento dell'impegno didattico e tutoriale secondo quanto previsto dall'art. 7 del RDA.

ARTICOLO 5

Crediti formativi universitari, curricula, tipologia e articolazione degli insegnamenti

1. Il credito formativo universitario è definito nel RDA e nel RAD.
2. L'Allegato B1, che costituisce parte integrante del presente Regolamento, riporta in sintesi gli obiettivi formativi specifici indicati nell'Ordinamento, compreso un quadro delle conoscenze, competenze e abilità da acquisire, e definisce:
 - a) gli eventuali indirizzi o curricula del Corso di Laurea Magistrale;
 - b) l'elenco degli insegnamenti del Corso di Laurea Magistrale, con l'eventuale articolazione in moduli e i crediti a essi assegnati, con l'indicazione della tipologia di attività, della modalità di svolgimento, dei settori scientifico-disciplinari di riferimento e degli ambiti disciplinari;
 - c) le attività a scelta dello studente e i relativi CFU;
 - d) le altre attività formative previste e i relativi CFU;
 - e) i CFU assegnati per la preparazione della prova finale;L'Allegato B1 al presente Regolamento è redatto nel rispetto di quanto previsto dall'art. 19 del RDA. In particolare, esso può prevedere l'articolazione dell'offerta didattica in moduli di diversa durata, con attribuzione di diverso peso nell'assegnazione dei CFU corrispondenti.
3. Le schede che costituiscono l'allegato B2 definiscono per ciascun insegnamento e attività formativa:
 - a) il settore scientifico disciplinare, gli obiettivi formativi ed i contenuti, con particolare riferimento ai descrittori di Dublino, i crediti e le eventuali propedeuticità;
 - b) le modalità di verifica della preparazione che consenta nei vari casi il conseguimento dei relativi crediti.
5. Oltre ai corsi di insegnamenti ufficiali, di varia durata, che terminano con il superamento dei relativi esami, indicati nell'Allegato B1 al presente Regolamento, la CCD può prevedere l'attivazione di corsi di sostegno, seminari, esercitazioni in laboratorio o in biblioteca, esercitazioni di pratica testuale, esercitazioni di pratica informatica e altre tipologie di insegnamento ritenute adeguate al conseguimento degli obiettivi formativi del Corso.

ARTICOLO 6

Guida dello studente e piani di studio

1. Secondo quanto previsto dall'art. 46 dello Statuto, al fine dell'approvazione della Guida dello Studente da parte del Consiglio di Dipartimento, la CCD propone in particolare:
 - a) le alternative offerte e consigliate, per l'eventuale presentazione da parte dello studente di un proprio piano di studio;
 - b) le modalità di svolgimento di tutte le attività didattiche;
 - c) la data di inizio e di fine delle singole attività didattiche;
 - d) i criteri di assegnazione degli studenti a ciascuno degli eventuali corsi plurimi;
 - e) le disposizioni sugli eventuali obblighi di frequenza;
 - f) le scadenze connesse alle procedure per le prove finali.

2. Gli studenti non sono obbligati ad indicare previamente le attività formative a scelta autonoma, quando siano scelte nell'ambito degli insegnamenti attivati nell'Ateneo e in coerenza con gli obiettivi formativi del corso di studio.
3. I piani di studio individuali, contenenti la richiesta di approvazione di percorsi che si differenziano da quello indicato nell'Allegato B1, presentati alla Segreteria Studenti entro i tempi fissati dal Senato Accademico, saranno vagliati dalla CCD e, sulla base della congruità con gli obiettivi formativi specificati nell'Ordinamento Didattico, approvati, respinti o modificati. Per gli studenti in corso il Piano di Studio prevede le attività formative indicate dal Regolamento per i vari anni di corso integrate dagli insegnamenti scelti in maniera autonoma.
4. Per gli insegnamenti affini e integrativi lo studente può chiedere alla CCD di sostituire gli insegnamenti indicati nell'Allegato B1 con altri insegnamenti affini ed integrativi. La CCD valuterà la coerenza della richiesta con gli obiettivi formativi del Corso di Laurea e con l'Ordinamento Didattico.

ARTICOLO 7

Orientamento e tutorato

1. Le attività di orientamento e tutorato sono organizzate e regolamentate dalla CCD, secondo quanto stabilito dal RDA.

ARTICOLO 8

Trasferimenti, passaggi di Corso, ammissione a prove singole

1. I trasferimenti, i passaggi e l'ammissione a prove singole sono regolamentati dall'art. 16 del RDA.
2. La Commissione potrà, anno per anno, deliberare che in casi specifici l'accettazione di una pratica di trasferimento sia subordinata a una prova di ammissione predeterminata.

ARTICOLO 9

Esami di profitto

1. Le norme relative agli esami di profitto sono quelle contenute nell'art. 20 del RDA.
2. Nel caso di corsi plurimi i relativi esami vanno tenuti con le medesime modalità.
3. Nel caso di insegnamenti costituiti da più moduli didattici, l'esame finale è unico e la Commissione viene formata includendovi i docenti responsabili dei singoli moduli.
4. I crediti relativi alle ulteriori attività (art. 10, comma 5, lettera d del RAD) sono acquisiti attraverso una certificazione rilasciata dal Coordinatore della CCD sulla base di modalità indicate nella Guida dello studente e relative alla tipologia delle competenze acquisite.
5. Il Coordinatore della CCD definisce all'inizio dell'anno accademico le date degli esami, curando che:
 - a) esse siano rese tempestivamente pubbliche nelle forme previste;
 - b) non vi siano sovrapposizioni di esami, relativi ad insegnamenti inseriti nel medesimo anno di corso;
 - c) sia previsto, ove necessario, un adeguato periodo di prenotazione;
 - d) eventuali modifiche del calendario siano rese pubbliche tempestivamente e, in ogni caso, non prevedano anticipazioni.

ARTICOLO 10

Doveri didattici dei Professori di ruolo e dei Ricercatori

1. I doveri didattici dei Professori di ruolo e dei Ricercatori sono quelli previsti dall'art. 22 del RDA nonché dagli appositi regolamenti e delibere del Consiglio di Dipartimento.

ARTICOLO 11

Prove finali e conseguimento del titolo di studio

1. Il titolo di studio è conferito a seguito di prova finale. L'Allegato C al presente Regolamento disciplina le modalità della prova, comprensiva in ogni caso di un'esposizione dinanzi a una apposita commissione.

2. Per accedere alla prova finale lo studente deve avere acquisito il quantitativo di crediti universitari previsto dall'Allegato B1 al presente Regolamento, meno quelli previsti per la prova stessa. La tesi di Laurea Magistrale può essere redatta in lingua inglese. Lo studente interessato ne farà richiesta al Coordinatore della CCD che delibererà in merito.
3. Lo svolgimento delle prove finali è pubblico.

Napoli, li

IL RETTORE

Allegato A

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 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) aver conseguito un totale di almeno 60 CFU in insegnamenti di settori scientifico-disciplinari (SSD) di Fisica o di discipline affini e propedeutiche, secondo le indicazioni seguenti:
 - ≥ 18 CFU in SSD FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/06, FIS/07, FIS/08
 - ≥ 18 CFU in SSD MAT/03, MAT/05
 - ≥ 6 CFU in SSD INF/01, MAT/08, ING-INF/05
 - ≥ 18 CFU ulteriori in SSD FIS oppure in SSD affini 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 rientrano 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.

Allegato B1

B1.1 Obiettivi formativi qualificanti della classe

I laureati nei corsi di Laurea Magistrale della classe devono:

- possedere una formazione approfondita e flessibile, attenta agli sviluppi più recenti della ricerca scientifica e della tecnologia;
- avere una solida preparazione culturale nei vari settori della fisica moderna e nei suoi aspetti teorici, sperimentali e applicativi, nonché una solida padronanza del metodo scientifico di indagine;
- avere un'elevata preparazione scientifica ed operativa nelle discipline che caratterizzano la classe;
- avere un'approfondita conoscenza delle strumentazioni di misura e delle tecniche di analisi dei dati;
- avere un'approfondita conoscenza di strumenti matematici ed informatici di supporto;
- essere in grado di operare con ampia autonomia, anche assumendo responsabilità di progetti e strutture, nel campo della ricerca e dell'innovazione scientifica e tecnologica;
- essere in grado di utilizzare le conoscenze specifiche acquisite, a seconda dell'orientamento prescelto, o per l'utilizzazione e la progettazione di sofisticate strumentazioni di misura o per la modellizzazione di sistemi complessi nei diversi campi delle scienze e anche in ambiti diversi da quello scientifico;
- essere in grado 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.

In funzione delle competenze acquisite i laureati della classe potranno svolgere, con funzioni di responsabilità, attività professionali in tutti gli ambiti che richiedono padronanza del metodo scientifico, specifiche competenze tecnico-scientifiche e capacità di modellizzare fenomeni complessi. In particolare, tra le attività che i laureati della classe svolgeranno, si indicano: la promozione e sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica, la partecipazione, anche a livello gestionale, alle attività di enti di ricerca pubblici e privati, nonché la gestione e progettazione delle tecnologie in ambiti occupazionali ad alto contenuto scientifico, tecnologico e culturale, correlati con le discipline fisiche, nei settori dell'industria, dell'ambiente, della sanità, dei beni culturali e della pubblica amministrazione; la divulgazione ad alto livello della cultura scientifica, con particolare riferimento agli aspetti teorici, sperimentali ed applicativi dei più recenti sviluppi della ricerca scientifica.

Ai fini indicati, in relazione agli obiettivi specifici degli orientamenti, i corsi di Laurea Magistrale della classe:

- comprendono attività finalizzate all'acquisizione di conoscenze approfondite della meccanica quantistica, della struttura della materia, della fisica nucleare e subnucleare, dell'elettronica applicata alla strumentazione fisica di misura e controllo, dell'astronomia e astrofisica, dei processi che coinvolgono il sistema terra nei loro aspetti teorici e sperimentali e di altri aspetti della fisica moderna;
- prevedono sufficienti attività di laboratorio, in particolare dedicate alla conoscenza operativa delle più recenti e sofisticate metodiche sperimentali, alla misura e all'analisi ed elaborazione dei dati e alla conoscenza di tecniche di calcolo numerico e simbolico;
- possono prevedere attività esterne come tirocini formativi presso laboratori di enti di ricerca, industrie, aziende, strutture della pubblica amministrazione, oltre a soggiorni di studio presso altre università italiane ed estere, anche nel quadro di accordi internazionali.

B1.2 Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo

Il Corso di Laurea Magistrale in Fisica ha come obiettivi formativi:

- un'approfondita preparazione culturale nel campo della macro e microfisica;
- un'approfondita conoscenza delle moderne strumentazioni di misura e delle tecniche di analisi dei dati;
- un'approfondita conoscenza di strumenti matematici ed informatici di supporto;
- una buona padronanza del metodo scientifico di indagine;
- un'elevata preparazione scientifica e operativa in almeno una delle seguenti aree disciplinari: Astrofisica, Biofisica, Didattica e Storia della Fisica, Elettronica, Fisica Applicata, Fisica Biomedica, Fisica della Materia, Fisica dello Spazio, Fisica Nucleare, Fisica Subnucleare e Astroparticellare, Fisica Teorica e Geofisica.

A tal fine il Corso di Laurea Magistrale prevede nella guida dello studente un insieme articolato di orientamenti consigliati, funzionali a specifiche esigenze formative, che corrispondono alle linee di ricerca in Fisica dell'Ateneo.

Con riferimento ai descrittori di Dublino gli obiettivi formativi specifici sono sintetizzati nella seguente tabella.

Descrittore di Dublino	Risultati di apprendimento attesi	Metodi di apprendimento	Metodi di verifica
Conoscenza e capacità di comprensione	Consolidamento delle conoscenze dell'Elettrodinamica e della Meccanica Quantistica, della capacità di operare in laboratorio e di analizzare ed elaborare criticamente i dati. Conoscenze di argomenti di frontiera nel settore della micro o macro fisica prescelto, della strumentazione fisica e della fisica applicata.	Le conoscenze sono conseguibili attraverso circa 60 CFU nell'ambito delle attività caratterizzanti e affini e integrative.	Prove di esame individuale sia in forma scritta che orale. Prova pratica di laboratorio.
Capacità di applicare conoscenza e comprensione	Capacità di applicare le conoscenze in contesti differenti e di percepire la valenza interdisciplinare delle teorie e delle metodologie sperimentali apprese. Capacità di progettare, realizzare e mettere a punto apparati sperimentali per compiere misure. Applicazioni di conoscenze alla ricerca di frontiera nel proprio settore.	Tali capacità saranno sviluppate soprattutto in corsi a carattere avanzato, di esercitazioni o di laboratorio, svolti anche nell'ambito delle discipline affini ed integrative, e durante il lavoro di tesi, in cui lo studente potrà sviluppare le proprie capacità in un progetto a medio termine.	Prove individuali di esame, dove verrà valutata la capacità di applicare le conoscenze e competenze alla impostazione e risoluzione di problemi e prova finale di tesi.
Autonomia di giudizio	Capacità avanzata di ragionamento critico e di svolgere attività di ricerca scientifica nel settore prescelto.	Analisi e interpretazione di dati sperimentali, di risultati teorici e di modelli, sotto la supervisione di un responsabile.	Tale autonomia di giudizio viene messa alla prova sia durante le prove di esame che per la stesura e presentazione dell'elaborato finale.
Abilità comunicative	Saper comunicare le conclusioni nonché le conoscenze ad esse sottese di quanto appreso, in modo chiaro e critico, anche mediante l'utilizzo in forma scritta e orale della lingua inglese e dei lessici disciplinari, utilizzando all'occorrenza gli strumenti informatici necessari per la presentazione, l'acquisizione e lo scambio di dati scientifici anche	Tali abilità saranno acquisite durante il percorso di studio, mediante attività formative, che prevedono l'esposizione di argomenti di fisica, e nell'elaborazione della tesi.	Valutazione della capacità di esposizione, di sintesi e di uso appropriato degli strumenti informatici durante le prove di esame e, in particolare, durante la discussione della tesi.

	attraverso elaborati scritti, diagrammi e schemi. Capacità di sostenere una discussione scientifica utilizzando gli argomenti appresi.		
Capacità di apprendimento	Capacità avanzate di apprendimento autonomo in lingua italiana e inglese. Capacità di eseguire ricerche bibliografiche, anche di livello avanzato, e di selezionare gli argomenti interessanti, per affrontare e risolvere problemi nel settore scelto, acquisendo strumenti e strategie adeguati per l'ampliamento delle proprie conoscenze.	Queste capacità sono acquisite in tutti i corsi e nella preparazione della tesi di laurea, dove viene richiesto allo studente di preparare un elaborato originale ed in maniera sostanzialmente autonoma.	Prove di esame, elaborazione di tesine a carattere teorico e/o sperimentale, e prova finale.

Nella guida dello studente saranno riportati anno per anno orientamenti consigliati fra cui lo studente potrà scegliere all'atto dell'iscrizione. Potranno altresì essere specificati anno per anno gli insegnamenti regolarmente attivati, creando apposite tabelle per gli insegnamenti caratterizzanti consigliati, affini e integrativi consigliati, a scelta autonoma suggeriti.

Un corso può essere articolato in più unità didattiche, ciascuna affidabile a un singolo docente.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)							
CURRICULUM ASTROFISICA							
Obiettivi formativi							
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.							

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA							
CURRICULUM “ASTROFISICA”							
I ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Astrofisica	8	1	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
2	Cosmologia	8	1	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/02, FIS/05	LF
3	Elettrodinamica Classica	9	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
4	Fisica delle Galassie	8	1	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
5	Laboratorio di Fisica	10	2	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
6	Insegnamento a scelta in elenco A	9	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/02	LF
TOTALE CFU I ANNO		52					
Totale esami I anno		6	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA							
CURRICULUM “ASTROFISICA”							
II ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Astrofisica delle Alte Energie	8	1	Affine e integrativo	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
2	Insegnamento a scelta in elenco B	8	1	Affine e integrativo	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF+LAB
3	Insegnamento a scelta autonoma	8	1	A scelta			
4	Altre attività (art. 10 comma 5d)	2					
5	Prova finale	42					
TOTALE CFU II ANNO		68					
Totale esami II anno		3	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA

CURRICULUM "ASTROFISICA"							
<i>Elenco A – Insegnamenti caratterizzanti a scelta</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Meccanica Quantistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/02	LF
2	Meccanica Statistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/02	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "ASTROFISICA"							
<i>Elenco B – Insegnamenti affini a scelta</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Astroinformatica	8	1	Affine e integrativo	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF+LAB
2	Laboratorio di Astrofisica	8	1	Affine e integrativo	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/01 FIS/05	LF+LAB

L'insegnamento a scelta autonoma può essere individuato liberamente nell'Elenco C, ovvero nell'elenco di tutti i corsi attivati per la laurea magistrale. Sono ammissibili anche scelte di corsi attivati da parte di strutture didattiche dell'ateneo diverse dal Corso di Laurea Magistrale in Fisica, e anche di corsi aventi un numero di CFU diverso da 8, purché il totale dei CFU acquisiti sia almeno di 8. In quest'ultimo caso, però, sarà necessaria una verifica di coerenza con gli obiettivi formativi del corso di laurea.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "ASTROFISICA"							
<i>Elenco C – Insegnamenti a scelta di tipo astrofisico</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Astrofisica Multimessaggera	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
2	Complementi di Cosmologia	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/02, FIS/05	LF
3	Evoluzione Stellare	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
4	Fisica dei Plasmi	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
5	Filosofia della Conoscenza Scientifica	8	1			M-FIL/01	LF
6	Meccanica Quantistica	9	1		Teorico e dei fondamentali della fisica	FIS/02	LF

7	Planetologia	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05 GEO/01	LF
7	Storia dell'Astronomia	8	1			FIS/05 FIS/08	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)							
CURRICULUM “DIDATTICA”							
Obiettivi formativi							
Il curriculum didattico del Corso di Laurea Magistrale in Fisica si propone di formare una figura professionale con competenze nelle metodologie di ricerca in didattica 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 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. 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, socio-scientifica, sistemi complessi, ecc.), alla progettazione di strumenti innovativi per la divulgazione e la didattica (software, hardware), alla comunicazione scientifica.							

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA							
CURRICULUM “DIDATTICA”							
I ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Didattica della Fisica I	8	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/08	LF + LAB
2	Elettrodinamica Classica	9	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
3	Laboratorio di Fisica	10	2	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
4	Metodi per la Didattica	8	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/08	LF+LAB
5	<i>Insegnamento a scelta in elenco A</i>	9	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/02	LF
6	<i>Insegnamento a scelta in elenco B</i>	8	1	Affine e integrativo		FIS/01 FIS/05 FIS/08 MAT/04	LF
TOTALE CFU I ANNO		52					
Totale esami I anno		6	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB - Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA							
CURRICULUM “DIDATTICA”							
II ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di

							svolgimento
1	Didattica della Fisica II	8	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/08	LF + LAB
2	<i>Insegnamento a scelta in elenco B</i>	8	1	Affine e integrativo		FIS/01 FIS/05 FIS/08 MAT/04	LF
3	<i>Insegnamento a scelta autonoma</i>	8	1	A scelta			LF
4	Altre attività (art. 10 comma 5d)	2					
5	Prova finale	42					
TOTALE CFU II ANNO		68					
Totale esami II anno		3	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB - Laboratorio				

Gli insegnamenti a scelta affini possono essere individuati tra tutti i corsi attivati dalla Scuola Politecnica e delle Scienze di Base nei settori scientifico-disciplinari compatibili con l'Ordinamento Didattico vigente. I corsi a scelta suggeriti sono riportati nell'elenco B.

L'insegnamento a scelta autonoma può essere individuato liberamente nell'elenco di tutti i corsi attivati per la laurea magistrale. Sono ammissibili anche scelte di corsi attivati da parte di strutture didattiche dell'ateneo diverse dal Corso di Laurea Magistrale in Fisica, e anche di corsi aventi un numero di CFU maggiore di 8, anche se solo 8 crediti verranno riconosciuti ai fini della laurea. In quest'ultimo caso, però, sarà necessaria una verifica di coerenza con gli obiettivi formativi del corso di laurea.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "DIDATTICA"							
<i>Elenco A – Insegnamenti caratterizzanti a scelta</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Meccanica Quantistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/02	LF
2	Meccanica Statistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/02	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "DIDATTICA"							
<i>ELENCO B – Insegnamenti affini e integrativi</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Astrofisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico	FIS/05	LF + LAB
2	Didattica della Matematica	8	1	Affine e integrativo	Matematica	MAT/04	LF

3	Filosofia della Conoscenza Scientifica	8	1			M-FIL/01	LF
4	Laboratorio di Fisica Biomedica	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
5	Laboratorio di Fisica della Materia	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
6	Laboratorio di Fisica delle Particelle	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
7	Laboratorio di Fisica Nucleare	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
8	Laboratorio di Sistemi Digitali	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
9	Metodi Sperimentali per le Nanotecnologie e la Materia Condensata	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
10	Misure Nucleari	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
11	Storia dell'Astronomia	8	1	Affine e integrativo	Teorico e fondamenti della fisica	FIS/05 FIS/08	LF
12	Storia della Fisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e fondamenti della fisica	FIS/08	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)**CURRICULUM “ELETTRONICA”****Obiettivi formativi**

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;
- prevede, in relazione a obiettivi specifici, attività esterne come tirocini formativi presso aziende e strutture della Pubblica Amministrazione, oltre a soggiorni di studio presso altre università e centri di ricerca nazionali ed internazionali nel quadro di accordi di ricerca di base e applicata e di alta formazione.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM “ELETTRONICA”**I ANNO**

	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Elettrodinamica Classica	9	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
2	Elettronica Digitale	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
3	Fisica dello Stato Solido 1	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
4	Laboratorio di Fisica	10	2	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
5	Meccanica Quantistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
6	Meccanica Statistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
TOTALE CFU I ANNO		53					
Totale esami I anno		6	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM “ELETTRONICA”**II ANNO**

	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
--	--------------	-----	--------	-----------	--------	--------	-------------------------

1	<i>Insegnamento a scelta in elenco A</i>	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
2	Laboratorio di Sistemi Digitali	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
3	<i>Insegnamento a scelta autonoma</i>	8	1	A scelta			
4	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
5	Prova finale	41					
TOTALE CFU II ANNO		67					
Totale esami II anno		3	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "ELETTRONICA"							
<i>Elenco A Insegnamenti Affini del secondo anno</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Fondamenti di Elettronica	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
2	Elettronica Analogica (presso CdL di Ingegneria Elettronica)	12	1	Affine e integrativo		ING-INF/01	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1) CURRICULUM ELETTRONICA							
<i>Elenco dei corsi a scelta consigliati</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Architettura dei Sistemi Integrati (presso CdL di Ingegneria Elettronica)	9	1				
2	Complementi di Metodi Matematici per la Fisica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
3	Microelettronica (presso CdL di Ingegneria Elettronica)	9	1				
4	Microprocessori e sistemi embedded	8	1			FIS/01	
5	Tecniche di Acquisizione dati	8	1			FIS/01	

L'insegnamento a scelta autonoma può anche essere individuato liberamente nell'elenco di tutti i corsi attivati per la laurea magistrale. E' ammissibile anche la scelta di corsi attivati da parte di strutture didattiche dell'ateneo diverse dal Corso di Laurea Magistrale in Fisica, e anche di corsi aventi un numero di CFU maggiore di 8, anche se solo 8 crediti verranno riconosciuti ai fini della laurea. In quest'ultimo caso, però, sarà necessaria una verifica di coerenza con gli obiettivi formativi del corso di laurea.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)**CURRICULUM FISICA BIOMEDICA****Obiettivi formativi**

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.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA**CURRICULUM “FISICA BIOMEDICA”****I ANNO**

	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Biofisica delle radiazioni	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
2	Dosimetria delle Radiazioni	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF + LAB
3	Elettrodinamica Classica	9	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
4	Fisica Medica	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
5	Laboratorio di Fisica	10	2	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
6	Insegnamento a scelta in elenco A	9	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
TOTALE CFU I ANNO		52					
Totale esami I anno		6	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "FISICA BIOMEDICA"							
II ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Laboratorio di Fisica Biomedica	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF + LAB
2	Metodologie per l'Analisi delle Immagini	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF + LAB
3	<i>Insegnamento a scelta autonoma</i>	8	1	A scelta			
4	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
5	Prova finale	42					
TOTALE CFU II ANNO		68					
Totale esami II anno		3	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

L'insegnamento a scelta autonoma può essere individuato liberamente nell'elenco di tutti i corsi attivati per la laurea magistrale. E' ammissibile anche la scelta di corsi attivati da parte di strutture didattiche dell'ateneo diverse dal Corso di Laurea Magistrale in Fisica, e anche di corsi aventi un numero di CFU diverso da 8, purché il totale dei CFU acquisiti come corsi a scelta corrisponda sempre ad almeno 16. In quest'ultimo caso, però, dovrà essere verificata la coerenza con gli obiettivi formativi del corso di laurea. Per il corso a scelta autonoma si suggerisce allo studente di considerare la possibilità di seguire il corso di Basi Fisiche della Risonanza Magnetica data la rilevanza di questa metodica in Fisica Medica.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "FISICA BIOMEDICA"							
<i>Elenco A – Insegnamenti caratterizzanti a scelta</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Meccanica Quantistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/02	LF
2	Meccanica Statistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/02	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)	
CURRICULUM “FISICA DELLA MATERIA”	
Obiettivi formativi	
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.	

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA							
CURRICULUM “FISICA DELLA MATERIA”							
I ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Elettrodinamica Classica	9	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
2	Laboratorio di Fisica	10	2	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
3	Meccanica Quantistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
4	Meccanica Quantistica dei Molti Corpi	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
5	Meccanica Statistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
6	Insegnamento a scelta n. 1 in elenco A	8	1	Affine e integrativo			
7	Insegnamento a scelta autonoma n. 1	8	1	A scelta			
TOTALE CFU I ANNO		61					
Totale esami I anno		7	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "FISICA DELLA MATERIA"							
II ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Insegnamento a scelta n. 2 in elenco A	8	1	Affine e integrativo			
2	Insegnamento a scelta autonoma n. 2	8	1	A scelta			
3	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
4	Prova finale	41					
TOTALE CFU II ANNO		59					
Totale esami II anno		2	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

Gli insegnamenti a scelta autonoma possono essere individuati liberamente nel medesimo Elenco A, ovvero nell'elenco di tutti i corsi attivati per la laurea magistrale. Sono ammissibili anche scelte di corsi attivati da parte di strutture didattiche dell'ateneo diverse dal Corso di Laurea Magistrale in Fisica, e anche di corsi aventi un numero di CFU diverso da 8, purché il totale dei CFU acquisiti come corsi a scelta corrisponda sempre ad almeno 16. In quest'ultimo caso, però, dovrà essere verificata la coerenza con gli obiettivi formativi del corso di laurea.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "FISICA DELLA MATERIA"							
<i>Elenco A – Insegnamenti integrativi a scelta</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Fenomeni Quantistici in Materia Condensata	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
2	Fisica dei Plasmi	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
3	Fisica della Materia Soffice	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
4	Fisica dello Stato Solido 1	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
5	Fisica dello Stato Solido 2	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
6	Fotonica	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
7	Laboratorio di Fisica della Materia	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF + LAB
8	Metodi Sperimentali per le Nanotecnologie e la Materia Condensata	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF + LAB
9	Ottica e Informazione Quantistica	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
10	Spettroscopia Ottica	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
11	Termodinamica Computazionale	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)	
CURRICULUM “FISICA NUCLEARE”	
Obiettivi formativi	
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.	

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA							
CURRICULUM “FISICA NUCLEARE”							
I ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Elettrodinamica Classica	9	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
2	Fisica Nucleare	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
3	Laboratorio di Fisica	10	2	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
4	Meccanica Quantistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
5	Reazioni Nucleari	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
6	Insegnamento affine e integrativo da Elenco A	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo		LF
TOTALE CFU I ANNO		52					
Totale esami I anno		6	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "FISICA NUCLEARE"							
II ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Laboratorio di Fisica Nucleare	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF+LAB
2	<i>Insegnamento affine e integrativo da Elenco A</i>	8	1	Affine e integrativo			
3	<i>Insegnamento a scelta autonoma</i>	8	1	A scelta	A scelta		
4	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
5	Prova finale	42					
TOTALE CFU II ANNO		68					
Totale esami II anno		3	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

I corsi affini possono essere individuati nel seguente Elenco A. Il corso a scelta autonoma può essere scelto tra tutti i corsi attivati per la laurea magistrale. E' ammissibile anche la scelta di corsi attivati da parte di strutture didattiche dell'ateneo diverse dal Corso di Laurea Magistrale in Fisica, e anche di corsi aventi un numero di CFU diverso da 8, purché il totale dei CFU acquisiti sia almeno di 8. In quest'ultimo caso, però, dovrà essere verificata la coerenza con gli obiettivi formativi del corso di laurea.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "FISICA NUCLEARE"							
<i>Elenco A - Insegnamenti Affini ed Integrativi a scelta</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Astrofisica Nucleare	8	1	Affine e integrativo		FIS/01 FIS/04	LF
2	Misure Nucleari	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
3	Fisica dei Nuclei Esotici	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
4	Fisica delle Particelle Elementari	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
5	Fisica Nucleare per i Beni Culturali e Ambientali	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
6	Meccanica Statistica	9	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
7	Teoria della Struttura Nucleare	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1) CURRICULUM “FISICA SUBNUCLEARE E ASTROPARTICELLARE”	
Obiettivi formativi	
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.	

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1) CURRICULUM “FISICA SUBNUCLEARE E ASTROPARTICELLARE”							
I ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Elettrodinamica Classica	9	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
2	Fisica Astroparticellare	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
3	Fisica delle Particelle Elementari	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
4	Laboratorio di Fisica	10	2	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
5	Laboratorio di Fisica delle Particelle	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
6	Meccanica Quantistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
TOTALE CFU I ANNO		52					
Totale esami I anno		6	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1) CURRICULUM “FISICA SUBNUCLEARE E ASTROPARTICELLARE”							
II ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Insegnamento affine o integrativo da elenco A	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	
2	Insegnamento affine o integrativo da elenco A	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	
3	Insegnamento a scelta autonoma	8	1	A scelta	A scelta		
4	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
5	Prova finale	42					
TOTALE CFU II ANNO		68					
Totale esami II anno		3	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1) CURRICULUM “FISICA SUBNUCLEARE E ASTROPARTICELLARE”							
Elenco A							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Analisi Dati in Fisica Subnucleare	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
2	Complementi di Fisica delle Particelle Elementari	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
3	Cromodinamica Perturbativa Applicata	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
4	Elettronica Digitale	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
5	Fisica della Radiazione Cosmica	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
6	Fisica Sperimentale della Gravitazione	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF+LAB
7	Fondamenti di Elettronica	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
8	Laboratorio di Sistemi Digitali	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
9	Metodi di apprendimento automatico per la Fisica	8	1	Affine e integrativo		INF/01	LF + LAB
10	Sensori, Rivelatori ed Elettronica Associata	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
11	Tecniche di Accelerazione e Trasporto di Fasci di Particelle	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF

L'insegnamento a scelta autonoma può essere individuato nell'elenco di tutti i corsi attivati per la laurea magistrale. E' ammissibile anche la scelta di corsi attivati da parte di strutture didattiche dell'ateneo diverse dal Corso di Laurea Magistrale in Fisica, e anche di corsi aventi un numero di CFU diverso da 8, purché il totale dei CFU acquisiti come corsi a scelta corrisponda sempre ad almeno 8. In quest'ultimo caso, però, sarà necessaria una verifica di coerenza con gli obiettivi formativi del corso di laurea.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)							
CURRICULUM “FISICA TEORICA”							
Obiettivi formativi							
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.							

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA							
CURRICULUM “FISICA TEORICA”							
I ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Elettrodinamica Classica	9	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
2	Laboratorio di Fisica	10	2	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
3	Meccanica Quantistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
4	Meccanica Statistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
5	Teoria Quantistica dei Campi	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
6	Insegnamento a scelta n. 1 dall'elenco A	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
TOTALE CFU I ANNO		53					
Totale esami I anno		6	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA							
CURRICULUM “FISICA TEORICA”							
II ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Insegnamento a scelta autonoma n. 1	8	1	A scelta			
2	Insegnamento a scelta n. 2 dall'elenco A	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
3	Insegnamento a scelta autonoma n. 2	8	1	A scelta			
4	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
5	Prova finale	41					
TOTALE CFU II ANNO		67					
Totale esami II anno		3	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

Gli insegnamenti a scelta autonoma possono essere individuati tra tutti i corsi attivati per la laurea magistrale. Sono ammissibili anche scelte di corsi attivati da parte di strutture didattiche dell'ateneo diverse dal Corso di Laurea Magistrale in Fisica. In quest'ultimo caso, però, dovrà essere verificata la coerenza con gli obiettivi formativi del corso di laurea.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA							
CURRICULUM "FISICA TEORICA"							
Elenco A Insegnamenti Caratterizzanti							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Complementi di Metodi Matematici della Fisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
2	Cromodinamica Perturbativa Applicata	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
3	Fisica Astroparticellare Teorica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
4	Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
5	Introduzione alla Gravità Quantistica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
6	Metodi Numerici della Fisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
7	Modellizzazione dei Sistemi Biologici	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
8	Relatività Generale e Gravitazione	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
9	Sistemi Complessi	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
10	Teoria Classica dei Campi	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
11	Teoria delle Stringhe	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
12	Teoria dei Gruppi e Applicazioni	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
13	Teoria Statistica dei Campi	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)	
CURRICULUM “GEOFISICA”	
Obiettivi formativi	
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.	

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA							
CURRICULUM “GEOFISICA”							
I ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Elettrodinamica Classica	9	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
2	Fisica della Terra e dell’Atmosfera	8	1	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
3	Laboratorio di Fisica	10	2	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF+LAB
4	Meccanica del Continuo	8	1	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
5	Metodi Inversi	8	1	Affine e integrativo	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
6	<i>Insegnamento a scelta in elenco A</i>	9	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
7	<i>Insegnamento affine 1</i>	8	LF	Affine e integrativo			LF
TOTALE CFU I ANNO		60					
Totale esami I anno		7	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB - Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "GEOFISICA"							
II ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Sismologia	8	1	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF+LAB
2	<i>Insegnamento a scelta autonoma</i>	8		A scelta			
3	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
4	Prova finale	42					
TOTALE CFU II ANNO		60					
Totale esami II anno		2	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB - Laboratorio				

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "GEOFISICA"							
<i>Elenco A – Insegnamenti caratterizzanti a scelta</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Meccanica Quantistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/02	LF
2	Meccanica Statistica	9	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/02	LF

L'insegnamento affine può essere individuato nell'elenco B, ovvero nell'elenco di tutti i corsi attivati per la laurea magistrale, purché non di settore FIS/06.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "GEOFISICA"							
<i>Elenco B</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Analisi ed Elaborazione dei Segnali	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01, FIS/06, FIS/07	LF+LAB
2	Geofisica Applicata	8	1	Affine e integrativo	Astrofisico, geofisico e spaziale	GEO/11	LF
3	Complementi di Metodi Matematici per la Fisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamentali della fisica	FIS/02	LF
4	Metodi Matematici per la Geofisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamentali della fisica	FIS/02	LF
5	Termodinamica Computazionale	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF

L'insegnamento a scelta autonoma può essere individuato nell'elenco di tutti i corsi attivati per la laurea magistrale. E' ammissibile anche la scelta di corsi attivati da parte di strutture didattiche dell'ateneo diverse dal Corso di Laurea Magistrale in Fisica, e anche di corsi aventi un numero di CFU diverso da 8, purché il totale dei CFU acquisiti come corsi a scelta corrisponda sempre ad almeno 8. In quest'ultimo caso, però, sarà necessaria una verifica di coerenza con gli obiettivi formativi del corso di laurea.

B1.3 Insegnamenti

Nella seguente tabella sono riportati gli insegnamenti attivabili nei SSD di Fisica o in settori affini, che possono essere inseriti nell'ambito dei corsi caratterizzanti, affini e integrativi e a scelta autonoma.

Solo una frazione di questi insegnamenti potrà essere attivata in ciascun anno accademico. Anno per anno gli insegnamenti effettivamente attivati saranno specificati nel Manifesto degli Studi.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)						
TUTTI I CURRICULA						
Elenco Insegnamenti						
	Insegnamento	CFU	Moduli	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Analisi Dati in Fisica Subnucleare	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
2	Analisi ed Elaborazione dei Segnali	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01, FIS/06, FIS/07	LF + LAB
3	Astrofisica	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
4	Astrofisica delle Alte Energie	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
5	Astrofisica Multimessaggera	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
6	Astrofisica Nucleare	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01 FIS/04	LF
7	Astroinformatica	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF+LAB
8	Basi Fisiche della Risonanza Magnetica	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/07, ING-INF/02	LF
9	Biofisica delle Radiazioni	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
10	Complementi di Cosmologia	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/02, FIS/05	LF
11	Complementi di Fisica delle Particelle Elementari	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
12	Complementi di Meccanica Statistica	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
13	Complementi di Metodi Matematici per la Fisica	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
14	Cosmologia	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/02, FIS/05	LF
15	Cromodinamica Perturbativa Applicata	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
16	Didattica della Fisica I	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	LF
17	Didattica della Fisica II	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	LF
18	Dosimetria delle Radiazioni	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF + LAB
19	Elettrodinamica Classica	9	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF

20	Elettronica Digitale	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
21	Evoluzione Stellare	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
22	Fenomeni Quantistici in Materia Condensata	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
23	Filosofia della conoscenza scientifica	8	1		M-FIL/01	LF
24	Fisica Astroparticellare	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
25	Fisica Astroparticellare Teorica	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
26	Fisica dei Nuclei Esotici	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
27	Fisica dei Plasmi	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
28	Fisica della Materia Soffice	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
29	Fisica della Radiazione Cosmica	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
30	Fisica della Terra e dell'Atmosfera	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
31	Fisica delle Galassie	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
32	Fisica delle Particelle Elementari	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
33	Fisica dello Stato Solido 1	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
34	Fisica dello Stato Solido 2	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
35	Fisica Medica	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
36	Fisica Nucleare	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
37	Fisica Nucleare per i Beni Culturali ed Ambientali	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
38	Fisica Sperimentale della Gravitazione	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF+LAB
39	Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
40	Fondamenti di Elettronica	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
41	Fotonica	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
42	Geofisica Applicata	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	GEO/11	LF
43	Geoinformatica	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF

44	Intelligenza Artificiale e Calcolo Quantistico	8	1		INF/01	LF+LAB
45	Introduzione alla Gravità Quantistica	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
46	Laboratorio di Astrofisica	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/01 FIS/05	LF+LAB
47	Laboratorio di Fisica	10	2	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
48	Laboratorio di Fisica Biomedica	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF + LAB
49	Laboratorio di Fisica della Materia	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF + LAB
50	Laboratorio di Fisica delle Particelle	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
51	Laboratorio di Fisica Nucleare	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF + LAB
52	Laboratorio di Sistemi Digitali	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
53	Meccanica del Continuo	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
54	Meccanica Quantistica	9	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
55	Meccanica Quantistica dei Molti corpi	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
56	Meccanica Statistica	9	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
57	Metodi di Apprendimento Automatico per la Fisica	8	1		INF/01	LF + LAB
58	Metodi Inversi	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
59	Metodi Matematici per la Geofisica	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
60	Metodi Numerici per la Fisica	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
61	Metodi per la Didattica	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	LF+LAB
62	Metodi Sperimentali per le Nanotecnologie e la Materia Condensata	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF + LAB
63	Metodologie per l'Analisi delle Immagini	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
64	Microprocessori e Sistemi Embedded	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	
65	Misure Nucleari	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/01 FIS/04	LF
66	Modellizzazione dei Sistemi Biologici	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
67	Ottica ed Informazione Quantistica	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF

68	Planetologia	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05, GEO/01	LF
69	Reazioni Nucleari	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
70	Relatività Generale e Gravitazione	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
71	Sensori, Rivelatori ed Elettronica Associata	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
72	Sismologia	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF + LAB
73	Sistemi Complessi	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
74	Spettroscopia Ottica	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
75	Storia dell'Astronomia	8	1	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05 - FIS/08	LF
76	Storia della Fisica	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	LF
77	Tecniche di Accelerazione e Trasporto dei Fasci di Particelle	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
78	Tecniche di Acquisizione Dati	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
79	Tecniche Sperimentali per la Fisica delle Particelle Elementari	8	1	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
80	Teoria Classica dei Campi	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
81	Teoria dei Gruppi e Applicazioni	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
82	Teoria della Struttura Nucleare	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
83	Teoria delle Stringhe	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
84	Teoria Quantistica dei Campi	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
85	Teoria Statistica dei Campi	8	1	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
86	Termodinamica Computazionale	8	1	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF

Tutti i corsi possono essere tenuti in inglese ad eccezione di: Elettrodinamica Classica, Laboratorio di Fisica, Meccanica Quantistica e Meccanica Statistica.

B1.4 Piani di studio individuali

È fatta salva la possibilità per ciascuno studente di presentare un proprio piano di studi individuale soggetto all'approvazione della CCD.

Allegato B2

Schede degli insegnamenti

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	1- Insegnamento / Course ANALISI DATI IN FISICA SUBNUCLEARE / DATA ANALYSIS IN PARTICLE PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire conoscenze e capacità d'uso delle tecniche per la trattazione e l'interpretazione statistica dei dati sperimentali, nonché e 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. Il corso si propone dunque in primis di sviluppare l'attitudine dello studente all'osservazione sperimentale dei fenomeni naturali con un atteggiamento critico, con particolare attenzione all'inquadramento in un corretto sistema per l'interpretazione statistica. Il corso fornisce poi allo studente la forma mentis e gli strumenti tecnici per comprendere il design di apparati sperimentali, e per comprendere, assimilare, revisionare, e eventualmente realizzare analisi di fisica basate su di una rigorosa elaborazione statistico-numerica. 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		Educational objectives: The goal of the course is to teach both principles and application of techniques to treat and interpret data in particle physics, and to correctly communicate and present the results that follow. It expands on fundamental topics of statistics, describing their application within modern particle physics experiments, and treats further advanced statistical tools commonly used in current day analyses. The course therefore aims at first developing the student's aptitude to observe with a critical mindset natural phenomena, paying particular attention to frame observations within an appropriate statistical framework necessary for the interpretation. The course then provides the student with the mindset and competences to understand the purpose and design of an experimental apparatus in particle physics, as well as to understand, assimilate, critically review, and potentially realize rigorous statistical-numerical physics analyses. At the end of the course, the student will be able to: - master advanced concepts of probability theory and apply them to concrete physics cases - understand the design of high energy physics experiments and the techniques used depending on the physics objectives - understand and assimilate the procedures applied in other analyses thanks to the competences, the language, and the mindset acquired - critique, design, and deploy a data analysis
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenze di base di fisica delle particelle e di statistica / Basic knowledge of particle physics and statistics		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale / Oral examination with discussion of a written project report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	2- Insegnamento / Course ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALE / DIGITAL SIGNAL ANALYSIS AND PROCESSING	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01, FIS/06, FIS/07		CFU/credits: 8
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 sw 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 ed autonomamente sviluppare applicazioni di tali concetti all'analisi di segnali sismici e non. - Autonomamente sviluppare brevi progetti sperimentali basati sull'uso di tecniche e sw per l'analisi di serie temporali.		Educational aims: The course aims at providing knowledge and understanding of the theory and experimental application of digital signal processing. Also, the course aims at showing 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 those 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: E' richiesta una buona familiarità con i concetti e principii dell'Algebra Lineare, Equazioni differenziali, Calcolo Vettoriale, Teoria di Fourier, Probabilità e Statistica. Alcuni elementi delle suddette discipline saranno tuttavia richiamati durante il corso, ed applicati attraverso esercitazioni / A good knowledge of the basic concepts of linear and vector algebra, differential equations, Fourier theory of function expansion, probability and statistics. These concepts will be briefly recalled during the course and applied during the exercises.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato scritto / Oral examination with discussion of a written report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	3 - Insegnamento / Course ASTROFISICA / ASTROPHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a fornire allo studente le conoscenze di base dell'Astrofisica e delle metodologie teoriche, sperimentali ed osservative ad essa collegate. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Descrivere e mettere in pratica metodi di misura degli osservabili astrofisici fondamentali, quali posizioni, luminosità, distanze, masse dei corpi celesti. - Legare le proprietà fisiche fondamentali della materia alle caratteristiche osservative dei corpi celesti. - Descrivere le proprietà fondamentali dei principali corpi celesti e la loro evoluzione. - Descrivere e mettere in pratica i principi di funzionamento dei telescopi. - Analizzare semplice set di dati e/o articoli scientifici di astronomia ed astrofisica.		Educational objectives: This course intends to provide the student with the knowledge of the fundamental Astrophysical concepts and the related theoretical, observational and experimental methodologies. Specifically, at the end of the class the student will be able to: - Describe and implement measurement methods to derive fundamental astrophysical observables such as positions, luminosities, distances, masses of celestial bodies. - Link the fundamental properties of the matter to the observational properties of celestial bodies. - Describe the main properties of the main celestial bodies and their evolution. - Describe and apply the basic working principles of telescopes. - Analyze simple scientific datasets and/or scientific papers in astronomy and astrophysics.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenze di base di meccanica, termodinamica, ottica e meccanica quantistica./ Basic knowledge of mechanics, thermodynamics, optics and quantum mechanics.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica		4 - Insegnamento / Course ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE / HIGH ENERGY ASTROPHYSICS		
SSD: FIS/05	CFU/Credits: 8	Anno di corso: II	Lezione (ore): 64	Esercitazione (ore): -
Obiettivi formativi: Il corso avvia gli studenti alla conoscenza ed all'uso di nozioni che lo mettano in grado di raggiungere una visione pancromatica dei fenomeni Astrofisici, con particolare enfasi sulla fisica dei processi delle Alte Energie, attraverso un approccio che combini parte teorica, sperimentale e fenomenologica. Il corso, altresì, fornirà le conoscenze per comprendere i principi di funzionamento delle moderne tecniche di rivelazione dei fotoni ad alta energia in Astrofisica e Cosmologia, ed i principali rivelatori e telescopi. Gli studenti dovranno sostenere un colloquio in cui dimostreranno il livello della propria autonomia di giudizio critico, della propria abilità nella comunicazione e della capacità di apprendere.			Educational objectives: The course is intended to provide students with competences essential to reach a panchromatic vision of the astrophysical phenomena, and to understand the main high energy processes in Astrophysics, following a <i>mixed</i> approach, which combines theoretical, experimental and phenomenological aspects, based on rigorous and well-established analytical and numerical methods. The course is also expected to provide students with the knowledge of the main detection technique and detectors for high energy photons. They will finally hold an interview demonstrating their level of independent thinking, as well as communication capabilities and learning skills.	
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -				
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenza di nozioni introduttive di Astrofisica di base di struttura ed evoluzione stellare, di formazione degli oggetti compatti, nonché di elementi di base di Fisica delle Galassie (classificazione e proprietà delle galassie) e Cosmologia / Some basic knowledge of elementary Astrophysics, stellar evolution, Physics of Galaxy and Cosmology..				
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con risoluzione collegiale di problemi svolti durante il corso / Oral examination with collective discussion of problems solved in the course				
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)				

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	5 - Insegnamento / Course ASTROFISICA MULTIMESSAGGERA / MULTIMESSENGER ASTROPHYSICS
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: La scoperta epocale della prima coalescenza di un sistema binario di stelle di neutroni nel 2017 attraverso sia le onde gravitazionali che elettromagnetiche ha suggellato la nascita della cosiddetta astronomia multimessaggera e ha aperto canali pressoché ancora inesplorati per studiare l'Universo. Questo corso affronta alcuni degli argomenti più caldi in questo nuovo settore. Particolare attenzione viene dedicata ad alcuni fra i transienti astrofisici più potenti, come i lampi di raggi gamma, i lampi radio veloci, le esplosioni di supernovae, così come le mutue connessioni. Questi fenomeni sono argomenti di punta della ricerca attuale. Interesse particolare è riservato alle classi di transienti che sono stati scoperti di recente in diverse finestre dello spettro elettromagnetico e/o attraverso la rivelazione di onde gravitazionali e/o di neutrini di alta energia. Queste sorgenti non sono solo interessanti per la fisica stessa che è alla base dei processi altamente energetici osservati (regime di gravità forte, implicazioni sull'evoluzione stellare, formazione di getti astrofisici, nucleosintesi stellare esplosiva e origine degli elementi, fisica degli shock relativistici, accelerazione di raggi cosmici), ma grazie alla loro eccezionale luminosità sono anche e soprattutto unici strumenti di esplorazione dell'Universo a diverse distanze cosmologiche, fino all'epoca della reionizzazione. Questi nuovi campi di ricerca sono in fibrillazione con scoperte sempre nuove e sono al centro dell'attenzione di comunità scientifiche internazionali. Il corso offre anche una rassegna degli esperimenti dedicati attuali e futuri. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - acquisire il rigore formale e le abilità indispensabili per saper impostare e risolvere problemi relativi ai suddetti argomenti, dimostrando così la padronanza degli argomenti necessaria per intraprendere attività di ricerca in tali campi	Educational objectives: The epochal discovery of the first merger of a binary neutron star system in 2017 with both gravitational and electromagnetic waves heralded the birth of so-called multimessenger astronomy and opened yet unexplored channels to investigate the Universe. This course reviews some of the hottest topics in this newborn field. Special attention is paid to some of the most powerful astrophysical transients that play a crucial role in the evolution of the Universe, such as gamma-ray bursts, mergers of binary systems of compact objects as sources of gravitational waves, fast radio bursts, supernovae explosions, as well as their mutual connections. These phenomena are the subject of cutting-edge research. Particular emphasis is given to the classes of transients, that have recently been discovered in different windows of the electromagnetic spectrum and/or through the detection of gravitational waves and/or high-energy neutrinos. Not only are these sources per se interesting for the physics itself that is responsible for the observed highly energetic processes (strong gravity regime, implications on stellar evolution, jet formation, explosive stellar nucleosynthesis and origin of elements, relativistic shock physics, cosmic ray acceleration) but thanks to their luminosity they also represent unique probes of the Universe at different cosmological distances, out to the reionization epoch. These novel fields of research are bubbling with new findings and are the focus of worldwide scientific communities. The course also outlines the current and future dedicated experiments. In particular, at the end of the course the student will be able to: - acquire the formal rigour and the skills necessary to set up and solve problems relating to the aforementioned topics, thus demonstrating the mastery of the topics necessary to undertake research activities in these fields
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: - relatività speciale e generale, elettromagnetismo classico, fisica generale, meccanica classica e quantistica, nozioni di struttura ed evoluzione stellare, nozioni di trasporto radiativo e processi radiativi, nozioni di dinamica dei fluidi astrofisici e onde, nozioni di meccanismi di accelerazione di particelle. / special and general relativity, classical electromagnetism, general physics, classical and quantum mechanics, notions of stellar structure and evolution, notions of radiative transport and radiative processes, notions of dynamics of astrophysical fluids and waves, notions of particle acceleration mechanisms.	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale e/o scritto / Oral and/or written examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	6 - Insegnamento / Course ASTROFISICA NUCLEARE / NUCLEAR ASTROPHYSICS
Settore Scientifico - Discipline: FIS/01 – FIS/04	CFU/credits: 8
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. La comprensione dell'origine degli elementi chimici, infatti, combina l'astrofisica e la fisica nucleare e forma la disciplina che viene chiamata astrofisica nucleare. Le reazioni di fusione nucleare sono al centro dell'astrofisica nucleare: influenzano la nucleosintesi degli elementi nelle prime fasi dell'universo e in tutti gli oggetti stellari formati nell'universo successivamente, e controllano la generazione di energia associata, la luminosità dei neutrini e l'evoluzione delle stelle. Una buona conoscenza dei tassi di queste reazioni è quindi essenziale per comprendere il quadro generale di cui sopra. Durante il corso verranno proposti e discussi esperimenti di base per introdurre gli studenti alle tematiche di ricerca nel campo della astrofisica nucleare e più in generale della fisica nucleare di bassa energia.	Educational objectives: The course aims at providing students with adequate knowledge and understanding of the basics of experimental low energy nuclear physics, with particular regard to issues of astrophysical interest. The detailed understanding of the origin of the chemical elements combines astrophysics and nuclear physics, and forms what is called nuclear astrophysics. Nuclear fusion reactions are at the heart of nuclear astrophysics: they influence sensitively the nucleosynthesis of the elements in the earliest stages of the universe and in all the objects formed thereafter, and control the associated energy generation, neutrino luminosity, and evolution of stars. A good knowledge of the rates of these reactions is thus essential for understanding the broad picture outlined above. During the course, basic experiments will be proposed and discussed to introduce students to research topics in the field of nuclear astrophysics and more generally of low energy nuclear physics.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: - Conoscenza di base della fisica sperimentale e trattazione dati. Conoscenza di base della teorica quantistica. Conoscenza di base della fisica nucleare. / Basic knowledge of experimental physics and data processing. Basic knowledge of quantum theory. Basic knowledge of nuclear physics.	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale / Oral examination with discussion of a written report on a project	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus).	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	7 - Insegnamento / Course ASTROINFORMATICA / ASTROINFORMATICS
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/05	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a sviluppare nello studente la capacità di comprendere e utilizzare tecniche avanzate di statistica e di machine learning per l'estrazione di informazione utile dai grandi data set astronomici (e non solo). In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Comprendere la struttura dei dati (tabelle, immagini, data cubes, data mesh, serie temporali) - Utilizzare metodi statistici avanzati e metodi di apprendimento automatico (machine learning a deep learning) supervisionato e no. - Utilizzare tali conoscenze anche in un contesto operativo non astronomico - Esporre i risultati principali dell'analisi dati in forma di relazione scritta o con l'utilizzo di infografiche	Educational objectives: The course aims at developing those skills in the fields of advanced statistics and machine learning which are needed to extract useful information from the astronomical (but not only) data sets. In particular, at the end of the course, the student will be able to: - Understand data structures (strings, tables, images, data cubes, time series, data meshes, etc.) - Use advanced statistical methods and automatic methods based on machine learning and deep learning both supervised and unsupervised - Use this set of skills also outside of the astronomical field - Present the results of the data analysis in form of a written report or presentation also using infographics.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: Astrofisica / Astrophysics	
Prerequisiti / Prerequisites: - nessuno/none	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale e/o prova scritta / Oral and/or written examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	8 - Insegnamento / Course BASI FISICHE DELLA RISONANZA MAGNETICA/ PHYSICAL BASIS OF MAGNETIC RESONANCE
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07, ING-INF/02	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato ad introdurre allo studente i principi fisici alla base della Risonanza Magnetica e dell'Imaging in Risonanza Magnetica (RM). In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di descrivere: - i fenomeni fisici alla base della interazione dei tessuti biologici con i campi magnetici ed elettromagnetici; - la struttura e il funzionamento delle apparecchiature che costituiscono una RM; - le tecniche più utilizzate nell'imaging in RM - le applicazioni diagnostiche - le pratiche da adottare per la sicurezza degli operatori e del paziente	Educational objectives: Aim of the course is to introduce the physical principles of Magnetic Resonance and Magnetic Resonance Imaging (MRI). In particular, at the end of the course the student will be able to describe: - the physical phenomena underlying the interaction between biological tissues and magnetic/electromagnetic fields; - the structure and operation of the equipment constituting an MRI; - the most used techniques in MRI - diagnostic applications - the practices to be adopted for the safety of operators and patients
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: Fisica Medica / Medical Physics	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	9 - Insegnamento / Course BIOFISICA DELLE RADIAZIONI / RADIATION BIOPHYSICS
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi : Scopo del corso è fornire allo studente conoscenze di base sui principali meccanismi che regolano l'azione delle radiazioni ionizzanti (RI), illustrando il razionale degli attuali modelli biofisici di rilevanza in radioprotezione e radioterapia. In particolare, il corso permetterà allo studente di: - Comprendere i meccanismi che portano dalla deposizione di energia su scala nano- e micrometrica alla manifestazione di effetti cellulari ed organici misurabili - Essere capace di correlare l'induzione da parte delle RI del danno citogenetico sia con i processi fisici che ne determinano la distribuzione spazio-temporale che con quelli biologici che ne modulano le conseguenze - Apprendere le diverse tecniche e metodiche con cui gli effetti biologici delle RI sono quantificabili ed utilizzati per modellarne l'azione - Acquisire consapevolezza sugli effettivi rischi e benefici dell'uso della RI alla luce di un approccio basato rigorosamente sulle evidenze sperimentali	Educational objectives: Aim of the course is to provide the student with a basic knowledge of the main mechanisms underlying the biological action of ionizing radiations (IR), by illustrating the rationale for the currently adopted biophysical models in radiation protection and radiotherapy. Specifically, the course will enable the student to: - Understand the mechanisms leading from the energy deposition at the nano- and micrometric scale to the manifestation of cellular and organismal measurable effects - Be able to correlate the induction by IR of cytogenetic damage with both the physical processes that determine their spatio-temporal distribution and the biological processes that modulate their outcome - Familiarize with several techniques and procedures by which IR-induced biological effects can be quantified and used to model IR action - Become aware of the actual risks and benefits deriving from the use of IR thanks to a rigorously evidence-based approach
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -Nessuno/None	
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenza dei concetti di base di interazione radiazione materia e dei costituenti della materia vivente (cellula, sua struttura e funzioni) / Basic knowledge of the concepts of radiation-matter interaction and of the main constituents of living matter (cellular structure and functions).	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	10 - Insegnamento / Course COMPLEMENTI DI COSMOLOGIA / COSMOLOGY COMPLEMENTS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05-FIS/02		CFU/credits: 8
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 di energia oscura. Il corso seguirà un'impostazione teorica avanzata senza trascurare gli aspetti fenomenologici. Saranno considerati, in particolare, argomenti come le teorie modificate della gravitazione, le onde gravitazionali in ambito cosmologico, il lensing gravitazionale e la Quantum Cosmology con accenni alla teoria dei Multiversi. Durante il corso saranno trattate classi di soluzioni delle equazioni di Einstein come buchi neri, wormhole, oggetti compatti.		Educational objectives: The course aims at providing students with advanced skills on theoretical and observational aspects of modern cosmology and gravitation theories, starting from relativistic cosmology. We will consider the so-called Standard Cosmological Model, the inflationary models, up to the dark energy models. The course will follow an advanced theoretical approach without neglecting the phenomenological aspects. In particular, topics such as modified theories of gravity, gravitational waves in the cosmological framework, gravitational lensing and Quantum Cosmology with hints on Multiverse theory will be considered. During the course, classes of solutions of Einstein's field equations such as black holes, wormholes, compact objects will be discussed.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: - Basi della Relatività Generale / Basic General Relativity		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale e/o prova scritta / Oral and/or written examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	11 - Insegnamento / Course COMPLEMENTI DI FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI / ADVANCED ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: L'insegnamento approfondisce ed estende in maniera sistematica gli argomenti affrontati nell'insegnamento di Fisica delle Particelle Elementari. Sono esaminati sia gli aspetti teorico-fenomenologici che le tecniche sperimentali e le misure alla base del Modello Standard delle interazioni fondamentali. Si trattano con maggiore dettaglio argomenti quali la rottura della simmetria SU(2) _L ×U(1), la violazione di CP, la Fisica del Flavour, la Fisica del Neutrino e le principali estensioni del Modello Standard. Lo studente sarà in grado di comprendere e illustrare quantitativamente lo stato attuale delle conoscenze nella Fisica delle Particelle Elementari, dei problemi ancora aperti e delle principali linee di indagine attuali.		Educational objectives: The topics covered in the Elementary Particle Physics course are systematically revisited at a deeper level and extended. Both the theoretical/phenomenological aspects and the experimental techniques and measurements that constitutes foundations of the Standard Model of fundamental interactions are examined. Topics such as SU(2) _L ×U(1) symmetry breaking, CP violation, Flavor Physics, Neutrino Physics and the main extensions of the Standard Model are examined in greater details. The student will be able to understand and quantitatively illustrate the current state of knowledge in Elementary Particle Physics, open problems and the main lines of research currently investigated.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: Fisica delle Particelle Elementari / Elementary Particle Physics		
Prerequisiti / Prerequisites: Relatività ristretta. Elementi di meccanica quantistica relativistica. Rappresentazione di ampiezze di diffusione mediante diagrammi di Feynman. Elementi di Fisica del Modello Standard e le sue basi sperimentali come trattate nell'insegnamento di Fisica delle Particelle elementari / Special Relativity. Elements of Relativistic Quantum Mechanics. Cross section amplitudes with Feynman diagrams. Elements of Standard Model Physics and its experimental foundations at the level of the Elementary Particle Physics course.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	12 - Insegnamento / Course COMPLEMENTI DI MECCANICA STATISTICA / ADVANCED STATISTICAL MECHANICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 8
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.		Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: - Meccanica Statistica		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e/o orale / Written and/or oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	13 - Insegnamento / Course COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI PER LA FISICA / COMPLEMENTS OF MATHEMATICAL METHODS FOR PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi : Il corso ha l'obiettivo di fornire allo studente alcuni strumenti matematici avanzati che vengono utilizzati in problemi di Fisica Teorica e Applicata. Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di: - esporre in maniera chiara e rigorosa gli argomenti studiati in forma scritta e/o orale; - 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.		Educational objectives: The aim of the course is to provide the student with some advanced mathematical tools that are used in problems of Theoretical and Applied Physics. At the end of the course the student must be able to: - clearly and rigorously present the studied topics in written and/or oral form; - 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Argomenti di Analisi Matematica e Metodi Matematici per la Fisica trattati nella Laurea Triennale in Fisica. / Topics covered in the courses of Mathematical Analysis and Mathematical Methods for Physics in the Bachelor's Degree in Physics (First Degree in Physics).		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale / Written and oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	14 - Insegnamento / Course COSMOLOGIA / COSMOLOGY	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU/credits: 10
Obiettivi formativi: Il corso ha lo scopo di introdurre gli studenti allo studio dell'Universo su grande scala, approfondendo gli aspetti concettuali, teorici ed osservativi della Cosmologia. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - padroneggiare i principali strumenti di analisi e di calcolo utilizzati in ambito cosmologico; - presentare e discutere in modo critico i principi metodologici e concettuali della Cosmologia; - derivare i vincoli provenienti dai dati osservativi; - risolvere problemi quantitativi sugli argomenti trattati nel corso; - comprendere gran parte della letteratura scientifica contemporanea sugli argomenti trattati nel corso		Educational objectives: The course aims to introduce students to the study of the Universe on a large scale, deepening the conceptual, theoretical and observational aspects of Cosmology. In particular, at the end of the course the student will be able to: - master the main tools of analysis and calculation used in cosmology; - present and critically discuss the methodological and conceptual principles of Cosmology; - derive constraints from observational data; - solve quantitative problems on the topics covered in the course; - understand much of the contemporary scientific literature on the topics covered in the course
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale e/o prova scritta / Oral and/or written examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	15 - Insegnamento / Course CROMODINAMICA PERTUBATIVA APPLICATA / APPLIED PERTURBATIVE QCD
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02	CFU/credits: 8
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.	Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: 1. Meccanica Quantistica e 2. Fisica delle Particelle Elementari (per il curriculum di Fisica Subnucleare e Astroparticellare) oppure 2. Teoria Quantistica dei Campi (per il curriculum di Fisica Teorica) / 1. Quantum Mechanics and 2. Physics of the Elementary Particles (Subnuclear and Astroparticle Physics curriculum) or 2. Quantum Field Theory (Theoretical Physics curriculum)	
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenza degli elementi basilari per il calcolo dei diagrammi di Feynman / Knowledge of the basic elements for calculating Feynman diagrams	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale / Oral examination with discussion of a written project report	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	16 - Insegnamento / Course DIDATTICA DELLA FISICA I / DIDACTICS OF PHYSICS I
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/08	CFU/credits: 8
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.	Didactical aims: 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: Fisica Generale e laboratorio / General Physics and laboratory	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame incentrato sulla discussione di un elaborato progettuale scritto / Examination based on the discussion of a written project report	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	17 - Insegnamento / Course DIDATTICA DELLA FISICA II / DIDACTICS OF PHYSICS II	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/08		CFU/credits: 8
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.		Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Il corso può essere seguito senza difficoltà da un laureato triennale in Fisica. Per gli studenti con formazione diversa, sono richieste una buona conoscenza della Fisica generale e nozioni della Didattica della Fisica. Per tali studenti, il corso permetterà un rafforzamento mirato su alcuni temi di fisica moderna. / Students possessing a three-year degree in Physics will attend the course without particular 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.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame incentrato sulla discussione di un elaborato progettuale scritto / Examination based on the discussion of a written project report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	18 - Insegnamento / Course DOSIMETRIA DELLE RADIAZIONI/ RADIATION DOSIMETRY
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato ad acquisire conoscenza e comprensione dei principali campi della Dosimetria delle Radiazioni in ambito clinico, industriale, ambientale e nello spazio, con riferimento alle tecniche fisiche di valutazione della dose in ciascun ambito. Verrà inoltre approfondito l'aspetto legislativo, strettamente legato ai limiti di dose sia personale che ambientale nel campo della radioprotezione. Lo studente dovrà dimostrare di saper descrivere i principi fisici di dosimetria delle radiazioni e di saper individuare le soluzioni ottimali al fine di ridurre l'esposizione dei lavoratori, della popolazione e dei pazienti alle radiazioni ionizzanti sia di origine naturale che artificiale.	Educational objectives: The course is aimed at acquiring knowledge and understanding of the main fields of Radiation Dosimetry in the clinical, industrial, environmental and space fields, with reference to the physical techniques of dose assessment in each field. The legislative aspect will also be investigated, closely linked to both personal and environmental dose limits in the field of radiation protection. The students should demonstrate that they are able to describe the physical principles of radiation dosimetry and that they can identify the best solutions in order to reduce the exposure of workers, population and patients to ionizing radiation of both natural and artificial origin.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: -	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale / Oral examination with discussion of a written project report	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	19 - Insegnamento / Course ELETTRODINAMICA CLASSICA / CLASSICAL ELECTRODYNAMICS	
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/03		CFU/credits: 9
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, come i metodi di soluzione per separazione di variabili, la funzione di Green, e le espansioni in basi funzionali.		Educational objectives: The student will acquire advanced knowledge of the main phenomena of electromagnetism in vacuum and material media, including the relativistic formulation of electromagnetism. This will require acquiring the basics of special relativity and covariant formalism. As regards the applied skills, the student must be able to solve any basic/intermediate-level electromagnetism problem and must have become familiar with some more advanced mathematical tools to solve partial differential equations, such as the separation of variables, Green's function, and expansions into functional bases.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Fisica generale di livello universitario introduttivo o intermedio, incluso in particolare elettromagnetismo, analisi matematica in più variabili, algebra delle matrici / Introductory- or intermediate college-level general physics, including in particular electromagnetism, multivariate calculus, matrix algebra		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso erogato in lingua italiana / Course taught in Italian		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	20 - Insegnamento / Course ELETTRONICA DIGITALE / DIGITAL ELECTRONICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU/credits: 8
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-block sequenziali (contatori, shift-register, 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		Educational objectives: Knowledge of the main techniques for analysis and synthesis of digital circuits. Redundancy and minimization of combinatorial circuits. Analysis of the sequential building block (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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	21 - Insegnamento / Course EVOLUZIONE STELLARE / STELLAR EVOLUTION	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU/credits: 8
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.		Educational objectives: The course is aimed at the comprehension of stellar structure and evolution as a function of initial mass and chemical composition and the interpretation of observed color-magnitude diagrams through stellar physics. In particular, at the end of the course, students will be able to: - Describe the evolutionary path of a star as a function of its mass and chemical composition, till the final phases. - Interpret observed color-magnitude diagrams. - Explain the evolutionary differences in terms of differences in physical and numerical ingredients. - Understand the difference between evolutionary tracks and isochrones and among simple, composite and non resolved stellar populations. - Describe the basis of stellar pulsation and the physical mechanisms leading to the use of classical pulsating stars as distance indicators and stellar population tracers.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato / Oral examination with discussion of a project report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	22 - Insegnamento / Course FENOMENI QUANTISTICI IN MATERIA CONDENSATA / QUANTUM PHENOMENA IN CONDENSED MATTER	
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/03		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: La meccanica quantistica viene 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 i dispositivi per la computazione quantistica. Il corso presenta: - superfluidità e superconduttività come stati che mostrano coerenza macroscopica. - caratteristiche fondamentali dei dispositivi a semiconduttore e bassa dimensionalità come giunzioni tunnel, trasporto quantistico in nanostrutture, barre Hall e dispositivi a superconduttore come giunzioni Josephson, SQUID dc e ac, trasporto di vortici quantistici, 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. Al termine lo studente avrà acquisito competenze sulla fisica delle nanostrutture, l'elettronica superconduttiva ed i qubit superconduttori per il calcolo quantistico, gli stati protetti di bordo dei materiali topologici.		Educational 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, quantum transport in nanostructures, Hall bars and superconducting devices such as Josephson junctions, dc/ac SQUID, transport of quantum vortices, 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. At the end, the student will have acquired skills in the physics of nanostructures, superconducting electronics and superconducting qubits for quantum computing, and the protected edge states of topological materials.
Esami propedeutici: Meccanica Statistica / Propedeutic exams: Statistical mechanics		
Prerequisiti: Elementi di termodinamica ed elettromagnetismo; elementi di meccanica quantistica.		
Prerequisites: Elements of thermodynamics, electromagnetism, quantum mechanics.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale / Written and oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	23 - Insegnamento / Course FILOSOFIA DELLA CONOSCENZA SCIENTIFICA / PHILOSOPHY OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE	
Settore Scientifico - Disciplinare: M-FIL/01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire agli studenti le conoscenze di base intorno alle coordinate teoriche e concettuali della conoscenza scientifica, con particolare riguardo a quella che, almeno per gran parte della modernità, vale come "scienza paradigmatica" e che per molti versi è anche la più filosofica tra le scienze positive: la Fisica. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Riconoscere i paradigmi fondamentali della gnoseologia moderna a partire da Cartesio; - Descrivere gli elementi teorici portanti delle principali correnti dell'epistemologia dal '900 a oggi; - Affrontare la lettura di un testo filosofico con adeguati strumenti terminologici e concettuali; - Comprendere criticamente le molteplici e rilevanti questioni di carattere etico che coinvolgono la ricerca scientifica; - Contestualizzare i propri studi di fisica nel più ampio quadro dello sviluppo della storia delle idee e della cultura		Educational objectives: The course aims to provide students with basic knowledge as regards the theoretical and conceptual foundations of scientific knowledge. Our analysis will be basically centered on physics for two reasons: on the one hand, physics was considered the "paradigmatic science" over the centuries; on the other hand, it is the most philosophical among natural sciences in many ways. Specifically, at the end of the class the student will be able to: - Recognize the fundamental paradigms of modern gnoseology starting from Descartes; - Describe the theoretical central elements of the most important currents of epistemology from the 1900s to the present; - To address a philosophical text via adequate terminological and conceptual tools; - Critically understand the several and relevant ethical issues impacting on scientific research; - Contextualize their physics studies in the broader framework of the history of ideas and culture.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e/o orale / Written and/or oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	24 - Insegnamento / Course FISICA ASTROPARTICELLARE / ASTROPARTICLE PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU/credits: 10
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato ad introdurre lo studente alla fisica Astroparticellare, un campo al confine tra l'astrofisica, la cosmologia e la fisica delle particelle elementari in continua, rapida ed entusiasmante 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.		Educational objectives: The course aims at introducing the student to the very active and rapidly evolving field of Astroparticle Physics, common to astrophysics, cosmology and elementary particle physics. The main topics in the field are treated both phenomenologically and experimentally. In particular at the end of the course the student will be able to: - Understand the results of the main experiments in Astroparticle Physics - Understand data and plots, and relate them to physical models - Dissert about topics in a rapidly evolving field, and to understand future developements.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale / Oral examination with discussion of a project report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	25 - Insegnamento / Course FISICA ASTROPARTICELLARE TEORICA / THEORETICAL ASTROPARTICLE PHYSICS
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di familiarizzare lo studente con i temi 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) l'evoluzione dell'Universo Cosmologico (e.g. la Nucleo-sintesi primordiale e la formazione di strutture) 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 relativa al loro rilevamento, produzione, e propagazione.	Educational objectives: The course has the objective to familiarize the student 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 latter 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: -	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	26 - Insegnamento / Course FISICA DEI NUCLEI ESOTICI / PHYSICS OF EXOTIC NUCLEI	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/04		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso analizza su base fenomenologica le principali caratteristiche fisiche peculiari dei nuclei esotici, ossia di quei nuclei che hanno un rapporto del numero di neutroni e protoni lontano da quello usualmente osservato in Natura. Viene discussa la struttura dei nuclei esotici e vengono presentati i meccanismi di reazione più rilevanti. Sono inoltre presentate le principali metodologie per la produzione e la selezione di fasci di nuclei esotici, nonché le loro applicazioni. Si esamina il ruolo dei nuclei esotici nei processi di nucleosintesi ed evoluzione stellare. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di: - comprendere e interpretare in maniera autonoma i risultati di misure sperimentali attuali pubblicati nella letteratura di riferimento; - progettare e realizzare esperimenti per la determinazione di caratteristiche rilevanti di nuclei esotici; - descrivere i principi, le tecniche e i risultati di misure condotte col l'utilizzo di fasci di nuclei esotici;		Educational objectives: The class introduces at the peculiar properties of exotic nuclei, that are nuclei with a ratio of protons to neutrons far from what usually observed in Nature, on a phenomenological basis. The structure of exotic nuclei and their most relevant reaction mechanisms are discussed. The main methodologies for the production and selection of exotic nuclei beams, as well as their applications, are presented. The role of exotic nuclei in the stellar nucleosynthesis and evolution is examined. At the end of the class the student will be able to: - understand and discuss the results of actual experimental literature; - envision and realize experimental measurements aimed at the determination of relevant characteristics of exotic nuclei; - report about the principles, the techniques and the results of experimental measurements that make use of exotic nuclei beams
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: Fisica Nucleare / Nuclear Physics, Reazioni nucleari / Nuclear reactions		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	27 - Insegnamento / Course FISICA DEI PLASMI/ PLASMA PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU/credits: 8
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.		Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: - Non sono richiesti esami propedeutici / Propaedeutic exams are not required		
Prerequisiti / Prerequisites: - Non sono richiesti prerequisiti / Prerequisites are not required		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato / Oral examination with discussion of a project report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	28 - Insegnamento / Course FISICA DELLA MATERIA SOFFICE / SOFT MATTER PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a fornire le conoscenze fondamentali relative alla Fisica della <i>Soft Matter</i> (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.		Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	29 - Insegnamento / Course FISICA DELLA RADIAZIONE COSMICA / PHYSICS OF COSMIC RADIATION	
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso intende illustrare diversi aspetti 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 pure gli sviluppi nelle tecniche sperimentali per le varie osservazioni della radiazione cosmica, anche con uno sguardo a future applicazioni per le ricerche in questo campo. Al termine del corso lo studente avrà acquisito una conoscenza sulla fisica dei raggi cosmici, dei fotoni gamma, dei neutrini astrofisici, delle onde gravitazionali e sulle rispettive metodologie di misura.		Educationl objectives: The goal of the course is to present different points of view of the physics of cosmic radiation, aiming at understanding the development in the various observations, up to the most recent discoveries. During the course, the student will see as well the development of the experimental techniques for the different observations concerning cosmic radiation, also with a perspective on future applications for research in this field. At the end of the course, the student will have acquired knowledge about the physics of cosmic rays, gamma-ray photons, astrophysical neutrinos, gravitational waves and the corresponding measurement methods.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Previous knowledge: Conoscenze di fisica generale, fisica moderna, fisica nucleare e subnucleare, e fisica sperimentale acquisite durante la laurea triennale. / Knowledge about general physics, modern physics, nuclear and subnuclear physics, and experimental physics acquired for the Bachelor's degree.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	30 - Insegnamento / Course FISICA DELLA TERRA E DELL'ATMOSFERA / EARTH AND ATMOSPHERE PHYSICS
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/06	CFU/credits: 8
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.	Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: - Analisi di equazioni differenziali alle derivate parziali, elementi di meccanica ondulatoria, principi di meccanica del continuo / Analysis of PDE, elements of wave mechanics, elements of continuum mechanics.	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale / Written and oral examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	31 - Insegnamento / Course FISICA DELLE GALASSIE / PHYSICS OF THE GALAXIES	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a fornire allo studente conoscenze nell'ambito dell'astronomia extragalattica e della cosmologia osservativa. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Comprendere la fisica che governa la struttura delle galassie, la loro formazione ed evoluzione - Comprendere gli effetti di selezione e i bias che influenzano la nostra conoscenza dell'universo - Utilizzare tali conoscenze per validare o meno i vari modelli cosmologici - Esporre le conoscenze acquisite in forma di relazione scritta o presentazioni anche con l'utilizzo di infografiche		Educational objectives: The course aims at providing advanced knowledge in the fields of extragalactic astronomy and observational cosmology In particular, at the end of the course, the student will be able to: - Understand the physics governing the structure of galaxies, their formation and evolution - Understand the biases and selection effects that affect our knowledge of the Universe - Use these set of skills to validate (or not) the cosmological models. - Use this set of skills also outside of the astronomical field - Present the acquired knowledge in form of a written report or presentation also using infographyics.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: - astropfisica(astrophysics)		
Prerequisiti / Prerequisites: - nessuno/none		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale / Written and oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	32 - Insegnamento / Course FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI / PARTICLE PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU/credits: 8
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.		Educational objectives: The course aims to provide knowledge and understanding of the fundamental constituents of matter and their interactions as well as of the experimental basis of the Standard Model. At the end of the course the student will have acquired: - knowledge on the interactions of leptons, quarks and hadrons and the skills 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 which allowed to build the Standard Model.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: - Meccanica quantistica, Relatività ristretta, Elementi di Fisica Nucleare e Subnucleare / Basic Quantum Mechanics, Special Relativity, Basic Elements of Nuclear and Subnuclear physics		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale / Written and oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	33 - Insegnamento / Course FISICA DELLO STATO SOLIDO I / SOLID STATE PHYSICS I	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU/credits: 8
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.		Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenze di base di meccanica quantistica / Basic knowledge of quantum mechanics		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	34 - Insegnamento / Course FISICA DELLO STATO SOLIDO 2 / SOLID STATE PHYSICS 2
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/03	CFU/credits: 8
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 nanostrutturati, inclusi i materiali bidimensionali - Magnetismo nella materia e effetti di correlazione nei materiali - Fenomeni di trasporto alla nanoscala e superconduttività - Metodi avanzati nello studio dei materiali (Teoria del Funzionale Densità) 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 magnetismo) che non siano già oggetto di studio nei corsi fondamentali.	Educational objectives: The course is aimed at providing students with knowledge on the most modern developments in Solid State Physics, concerning both the new generation materials and devices and the application of advanced theoretical methods. 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 - Magnetism and correlation effects in materials - Transport phenomena at the nanoscale and superconductivity - Advanced methods (e.g. Density Functional Theory) 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 magnetism) that are not already object of study in fundamental courses.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: - Corso di Fisica dello Stato Solido I, conoscenze di base di Meccanica Statistica e seconda quantizzazione / Solid State Physics I course, basic knowledge of Statistical Mechanics and second quantization	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale e/o prova scritta / Oral and/or written examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	35 - Insegnamento / Course FISICA MEDICA/ MEDICAL PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato ad acquisire conoscenza e comprensione dei principali campi della Fisica applicata alla medicina in ambito clinico, con riferimento alle tecniche fisiche di imaging radiodiagnostico ed interventistico, di imaging diagnostico medico-nucleare e degli elementi di fisica della radioterapia, impieganti radiazione X, gamma e particellare. Lo studente dovrà dimostrare di saper descrivere i principi fisici di rivelazione della radiazione e dosimetrici dei principali dispositivi utilizzati in fisica medica, incluso rivelatori di radiazione, dosimetri, apparecchiature per imaging planare e tomografico, acceleratori per radioterapia.		Educational objectives: The Course aims at getting knowledge and understanding of the main field of clinical medical physics, specifically as regards the physical basis of diagnostic and interventional radiography, nuclear medicine and radiotherapy, using X, gamma and particle radiation. The student should demonstrate capability to describe the radiation detection principles, and related dosimetry principles, adopted in medical physics, including radiation detectors, dosimeters, systems for planar and tomographic imaging, radiotherapy accelerators.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale / Written and oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	36 - Insegnamento / Course FISICA NUCLEARE / NUCLEAR PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/04		CFU/credits: 8
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 le principali tematiche dell'attuale ricerca di base in Fisica Nucleare. - Descrivere l'interazione nucleone-nucleone analizzando i vari contributi nei potenziali fenomenologici, sulla base delle simmetrie e delle evidenze sperimentali - Descrivere i principali modelli riguardanti la struttura e le collisioni nucleari, con le relative approssimazioni, derivandone le relazioni fondamentali sulla base della fisica classica e quantistica - Descrivere i processi che hanno luogo nelle collisioni tra ioni pesanti ed i principali modelli interpretativi.		Educational objectives: The course aims at providing the student a framework of the main knowledge acquired in the field of low-energy nuclear physics, deepening nuclear models and their experimental verification, for the purpose of studying the structure and the reaction mechanisms of nuclei. At the end of the course the student will be able to: - Understand the main issues of current basic research in Nuclear Physics. - Describe the nucleon-nucleon interaction by analyzing the various contributions in the phenomenological potentials, on the basis of symmetries and experimental evidences - Describe the main models concerning the nuclear structure and the collisions, with the relative approximations, deriving the fundamental relationships on the basis of classical and quantum physics - Describe the processes that take place in heavy ion collisions and the main interpretative models.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: - Conoscenza degli elementi di base di fisica nucleare: proprietà del nucleo atomico, decadimenti radioattivi, caratterizzazione delle tipologie di reazioni nucleari, leggi di conservazione, principali osservabili nucleari e tecniche sperimentali di misura, generalità sui modelli della struttura nucleare. Conoscenza di elementi di base di meccanica quantistica. / Knowledge of the basic elements of nuclear physics: properties of the atomic nucleus, radioactive decays, characterization of the types of nuclear reactions, conservation laws, main nuclear observables and experimental measurement techniques, general information on nuclear structure models. Knowledge of basic elements of quantum mechanics.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	37 - Insegnamento / Course FISICA NUCLEARE PER I BENI CULTURALI E AMBIENTALI / NUCLEAR PHYSICS FOR CULTURAL AND ENVIRONMENTAL HERITAGE	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: <u>Conoscenza e capacità di comprensione:</u> Gli studenti devono essere in grado di conoscere e comprendere i principi fisici alla base delle metodologie impiegate nello studio dei Beni Culturali e Ambientali, inserite nel programma del corso <u>Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</u> Lo studente dovrà essere in grado di utilizzare le conoscenze acquisite per la comprensione e la gestione delle relative applicazioni.		Educational objectives: <u>Knowledge and understanding:</u> Students must be able to know and understand the physical principles underlying the methodologies used in the study of Cultural and Environmental Heritage, included in the course program <u>Applying knowledge and understanding:</u> The student must be able to use the acquired knowledge to understand and manage the applications used in the study of Cultural and Environmental Heritage.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: --		
Prerequisiti / Prerequisites: Aver studiato e ben compreso i seguenti argomenti: fisica atomica, reazioni nucleari, decadimento radioattivo, / Good understanding of the following topics: atomic physics, nuclear reactions, radioactive decay.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	38 - Insegnamento / Course FISICA SPERIMENTALE DELLA GRAVITAZIONE / EXPERIMENTAL GRAVITATIONAL PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU/credits: 8
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.		Educational objectives: Helping the understandings of the gravitational physics experiments and the critical revision of their results in connection with the present theories. At the end of the course the student will be able: - To understand the instruments used in the experimental gravitation context; - To understand the different experimental approaches to validate the many alternative gravitational theories; - To apply the typical data analysis techniques for this field.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: - Conoscenza della relatività ristretta / Knowledge of special relativity.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale / Written and oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	39 - Insegnamento / Course FISICA TEORICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI / THEORETICAL PHYSICS FOR FUNDAMENTAL INTERACTIONS	
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/02		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso introduce lo studente all'affascinante mondo delle interazioni fondamentali. Gli studenti impareranno a fondere le nozioni di teoria quantistica dei campi e teoria dei gruppi per descrivere i risultati degli esperimenti in fisica delle particelle. Arriveremo alla frontiera della nostra comprensione delle teorie fondamentali. Gli studenti impareranno anche a costruire le nuove generazioni di teorie fondamentali della Natura. Cosa copriremo nel corso: - Introduzione alle interazioni fondamentali - Scale della Natura - Il modello a Quark - Elementi di teoria dei gruppi - Deep Inelastic Scattering - Simmetrie classiche e libertà asintotica - Teorie effettive I: Dalla simmetria di isospin al teorema di Goldstone - Teorie effettive II: Dal sigma model a realizzazioni non-lineari - Teorie effettive III: L'espansione chirale - Modello standard ed origine delle masse - Costruzione di nuove teorie delle interazioni fondamentali - Da SUSY a dinamiche composte - Teorie di grande unificazione - Una breve introduzione agli aspetti non-perturbativi della teoria quantistica di campo dai solitoni alle anomalie quantistiche		Educational objectives: The course introduces the student to the fascinating world of fundamental interactions. The students will learn how to fuse quantum field theory, group theory and other deep mathematics to bridge the gap between theory and experiments in high energy physics. We will arrive at the frontier of our understanding of the ultimate laws of nature. Topics covered in the course: - Introduction to Fundamental Interactions - Scales of Nature - The Quark Model - Elements of Group Theory - Deep Inelastic Scattering - Classical Symmetries and Asymptotic Freedom - Effective Theories I: From the isospin Symmetry to the Goldstone Theorem - Effective Theories II: From the sigma model to non-linear realisations - Effective Theories III: The chiral expansion - Standard Model and Origin of Mass - What comes next? - From SUSY to Composite Dynamics - Grand Unified Theories - A brief introduction to non-perturbative aspects of QFT from Solitons to Quantum Anomalies
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: Teoria Quantistica dei Campi/Quantum Field Theory		
Prerequisiti / Prerequisites: -: Teoria Quantistica dei Campi/Quantum Field Theory		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	40 - Insegnamento / Course FONDAMENTI DI ELETTRONICA / ELECTRONICS FUNDAMENTALS
Settore Scientifico - Discipline: ING-INF/01	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire le conoscenze di base sul funzionamento dei dispositivi elettronici nonché gli strumenti analitici e numerici per l'analisi e la sintesi dei circuiti elettronici utilizzati nel trattamento analogico dell'informazione, con particolare riferimento all'amplificazione di segnale. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Comprendere il campo di utilizzo dei dispositivi elettronici attivi. - Analizzare e progettare amplificatori elettronici elementari. - Analizzare e progettare amplificatori multistadio per applicazioni specifiche. - Valutare la stabilità di un circuito elettronico mediante l'analisi nel dominio di Laplace. - Utilizzare strumenti software per la progettazione dei circuiti elettronici. - Esporre i risultati principali dell'analisi dati in forma di relazione scritta.	Educational objectives: The course provides basic knowledges about the operation of electronic devices, along with analytical and numerical techniques for the design of electronic circuits for analog signal processing and amplification. At the end of the course students will be able to: - Understand operating fields of electronic devices; - Analyze and design basic electronic amplifiers - Analyze and design multistage amplifiers for special applications; - Perform circuit stability analysis using Laplace transform; - Exploit CAD software for circuit design;
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenze di base dell'analisi e risoluzione dei circuiti elettrici / Basic knowledge of circuit analysis	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale / Oral examination with discussion of a project report	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	41 - Insegnamento / Course FOTONICA / PHOTONICS
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03	CFU/credits: 8
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 (LEDs, lasers), 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	Educational objectives: The course is intended to provide students with competences essential to understanding the nature of light and its behavior 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: - Analyzing 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 through proper simulation methods - Illustrating fundamental concepts and device design and operation.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenze di fisica generale. Alcune conoscenze sui sistemi lineari e sulla meccanica quantistica elementare possono essere utili, ma non essenziali / Basic knowledge of electromagnetism. Some knowledge of linear system and elementary quantum mechanics is helpful but not essential.	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	42 - Insegnamento / Course GEOFISICA APPLICATA / APPLIED GEOPHYSICS
Settore Scientifico - Disciplinare: GEO/11	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso mira a far acquisire un'adeguata conoscenza e capacità di comprensione delle metodologie fisiche di indagine del sottosuolo, delle modalità teoriche e sperimentali di prospezione geofisica, e delle tecniche di elaborazione e interpretazione dei dati. Si preparerà lo studente ad affrontare con autonomia di giudizio studi più avanzati sull'argomento, oltre che elaborare semplici progetti di fattibilità per l'indagine geofisica, formulando in maniera chiara l'ambito, le ipotesi, le tecniche, proponendo soluzioni, e verificando la coerenza e l'attendibilità dei risultati di una misura o di una simulazione. In particolare, alla fine del corso lo studente sarà in grado di: - Padroneggiare i concetti principali della teoria della prospezione geofisica con diversi metodi. - Comprendere ed autonomamente sviluppare applicazioni di tali concetti all'analisi dei dati ottenuti. - Autonomamente sviluppare la progettazione di semplici esperimenti.	Educational objectives: The course aims at providing knowledge and understanding of the geophysical methods of subsoil survey: basic theory, experimental aspect, interpretation of the results. The student will be prepared to afford more specific studies using his skill of making judgements and of learning how to set up simple experiments having clear in mind the potential and the limit of the methodology used, and being able to interpret the results. In particular, at the end of the course the student will: - Master the basic concepts of the theory of geophysical exploration with different techniques. - Understand and autonomously develop applications of that concepts to the analysis of the obtained results. - Autonomously develop simple experiment setups.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: E' richiesta una buona familiarità con i concetti e principii dei campi di potenziale, dell'elettromagnetismo e dell'ottica geometrica e una base di calcolo numerico (MATLAB) / A good knowledge of the basic concepts of potential field theory, electromagnetism, geometrical optics, and basic numerical computation (MATLAB)	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale e prova pratica / Oral examination and practice test	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	43 - Insegnamento / Course GEOINFORMATICA / GEOINFORMATICS
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/06	CFU/credits: 8
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 o satellitari. In particolare, alla fine del corso lo studente sarà in grado di: - Padroneggiare i concetti principali dell'analisi, rappresentazione e modellazione di grandi insiemi di dati geofisici. - Autonomamente sviluppare applicazioni delle tecniche studiate a casi reali	Educational objectives: The course aims at providing knowledge and understanding of the informatic tools to analyze, model and represent big data from observations carried on both on earth surface and satellites. 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: Elementi di analisi dei segnali e di programmazione / Basics of signal analysis and programming.	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale e/o prova pratica / Oral examination and/or practice test	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	44 - Insegnamento / Course INTELLIGENZA ARTIFICIALE E CALCOLO QUANTISTICO /ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND QUANTUM COMPUTING	
Settore Scientifico - Disciplinare: INF/01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso ha la finalità di fornire agli studenti conoscenze e capacità di comprensione nel campo dell'intelligenza artificiale, del calcolo quantistico e dell'integrazione tra questi ambiti dell'informatica. In particolare, gli studenti matureranno conoscenze relative a macro-aree della intelligenza artificiale come agenti intelligenti e pensiero razionale, tecniche di problem solving, rappresentazione di conoscenza e ragionamento, e apprendimento; inoltre, gli studenti perfezioneranno le loro conoscenze nell'ambito del calcolo quantistico e, precisamente, nel contesto delle architetture di calcolo quantistico e degli algoritmi quantistici. In tale scenario sinergico, gli studenti matureranno una conoscenza applicata relativa alla implementazione di sistemi di intelligenza artificiale utilizzando linguaggi di programmazione evoluti come Python, e una conoscenza applicata relativa alla implementazione di algoritmi quantistici utilizzando librerie Python come IBM QisKit. Le conoscenze teoriche e pratiche acquisite consentiranno agli studenti di valutare in maniera critica sistemi di intelligenza artificiale e sistemi di calcolo quantistico, comunicare i risultati delle proprie attività scientifiche svolte nel contesto dell'intelligenza artificiale e del calcolo quantistico in maniera corretta e rapida e, infine, essi saranno in grado di apprendere in maniera autonoma nuovi approcci di intelligenza artificiale, calcolo quantistico o approcci di calcolo ibridi.		Educational objectives: The course aims to provide students with knowledge and understanding in the field of artificial intelligence, quantum computing and integration between these areas of computer science. In particular, students will acquire knowledge related to macro-areas of artificial intelligence such as intelligent agents and rational thinking, problem solving techniques, representation of knowledge and reasoning, and learning; in addition, students will improve their knowledge in the field of quantum computing and, more precisely, in the context of quantum computing architectures and quantum algorithms. In this synergistic scenario, students will develop an applied knowledge related to the implementation of artificial intelligence systems using advanced programming languages such as Python, and an applied knowledge related to the implementation of quantum algorithms using Python libraries such as IBM QisKit. The acquired theoretical and practical knowledge will allow students to critically evaluate artificial intelligence systems and quantum computing systems, communicate the results of their scientific activities carried out in the context of artificial intelligence and quantum computing correctly and quickly and, finally, they will be able to autonomously learn new approaches to artificial intelligence, quantum computing or hybrid computing approaches.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti: Conoscenze di informatica: architetture degli elaboratori. Programmazione procedurale (preferibilmente in linguaggio Python), costrutti condizionali, costrutti ciclici, funzioni, array e matrici. algoritmi e strutture dati. Utilizzo di sistemi operativi Unix-like (ad esempio GNU/Linux). Conoscenze di Matematica: algebra lineare e calcolo differenziale.		
Prerequisites: Computer science knowledge: computer architecture, procedural programming (preferably in language Python), conditional and iterative statements, functions, arrays and matrices. algorithms and data structures. Use of Unix-like operating systems (for example GNU \ Linux). Knowledge of Mathematics: linear algebra and differential calculus.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale / Oral examination with discussion of a written project report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	45 - Insegnamento / Course INTRODUZIONE ALLA GRAVITA' QUANTISTICA/INTRODUCTION TO QUANTUM GRAVITY
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01	CFU/credits: 10
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a introdurre lo studente al problema della gravità quantistica e mostrare 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 noncommutatività spaziotemporale, dell'approccio di teoria delle stringhe e dell'approccio della loop quantum gravity. Al termine del corso lo studente sarà in grado 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".	Educational 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 relate 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 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: -	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	46 - Insegnamento / Course LABORATORIO DI ASTROFISICA / ASTROPHYSICS LABORATORY	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso introduce gli studenti all'analisi osservativa dei fenomeni celesti, alla realizzazione di osservazioni astronomiche e all'analisi dei risultati osservativi, basata su una rigorosa elaborazione statistica. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - esaminare e descrivere situazioni astrofisiche utilizzando le moderne tecniche di analisi dei dati in Astrofisica.; - realizzare e progettare osservazioni di Astrofisica rilevanti dal punto di vista didattico e concettuale; - elaborare i dati raccolti con opportune tecniche di elaborazione statistica; - esporre i risultati delle analisi dei dati in forma di relazione scritta.		Educational objectives: The course introduces students to the observational analysis of celestial phenomena, the realization of astronomical observations and the analysis of observational results, based on a rigorous statistical elaboration. In particular, at the end of the course the student will be able to: - examine and describe astrophysical situations using modern techniques of data analysis in Astrophysics; - design and perform observations of Astrophysics relevant from a didactic and conceptual point of view; - process the collected data with appropriate statistical processing techniques; - present the results of the data analysis in the form of a written report.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Elementi di astrofisica / Basic knowledge in astrophysics		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale e/o scritto / Oral and/or written examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	47 - Insegnamento / Course LABORATORIO DI FISICA / PHYSICS LABORATORY	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU/credits: 10
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. In particolare, 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		Educational objectives: The course aims at developing the student's aptitude for the description and measurement of natural phenomena, the design of experimental equipment and the analysis of experimental results based on rigorous statistical-numerical processing. In particular, at the end of the course the student will be able to: - Approach problems of measurement of physical quantities placing the problem both in the theoretical context of the physical knowledge acquired and in the context of modern techniques of experimental physics. - Design and implement physics experiments relevant from a methodological and conceptual point of view - Re-elaborate their knowledge of Physics in new experimental situations - Process the data collected using rigorous statistical-numerical processing techniques - Expose the main results of the data analysis in the form of a written report
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: La prova di esame verte sugli argomenti trattati nelle lezioni frontali e sulla attività di laboratorio / The examination test concerns both the topics covered in the lessons and the laboratory activities		
Corso erogato in lingua italiana / Course taught in Italian		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	48 - Insegnamento / Course LABORATORIO DI FISICA BIOMEDICA/ LABORATORY OF BIOMEDICAL PHYSICS
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato ad applicare in esperienze di laboratorio le conoscenze acquisite dai corsi del I anno nei campi della Fisica applicata alla medicina in ambito clinico, con riferimento alla strumentazione e le tecniche per dosimetria delle radiazioni ionizzanti e dell'imaging planare e tomografico in ambito radiografico e della medicina nucleare. Lo studente dovrà dimostrare di saper applicare le conoscenze teoriche già acquisite, di condurre in piccoli gruppi alcune esperienze di laboratorio e di saper riportare i risultati ottenuti in una relazione scritta ed orale.	Educational objectives: The Course aims at applying the theoretical knowledge acquired in the courses of the first year, in a series of laboratory experiments, regarding biomedical physics topics. Students will be using instrumentation and techniques for radiation dosimetry and imaging (planar and tomographic), with reference to radiographic and nuclear medicine imaging. Each student will participate to small-group lab experiments, in order to show his/her capability to apply the theoretical knowledge acquired in previous curricular courses, and to report on the experimental results with an oral and written document.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: - Fisica Medica – Biofisica delle Radiazioni – Dosimetria delle radiazioni / Medical Physics – Radiation Biophysics – Radiation Dosimetry	
Prerequisiti / Prerequisites: -	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato / Oral examination with discussion of a project report	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	49 - Insegnamento / Course LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA / LABORATORY OF MATTER PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU/credits: 8
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, apprenderà le basi teoriche del funzionamento di un laser sia in regime continuo che pulsato. Infine, 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. Avrà anche una panoramica dei principali tipi di laser con particolare riferimento a quelli a stato solido. Una parte dell'addestramento si svolgerà in un laboratorio di ricerca in cui si svolgerà un esperimento nel campo della fisica della materia.		Educational 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, he will learn the theoretical bases of the operation of a laser in both continuous and pulsed regime. Finally, 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. He will also have an overview of the main types of lasers with particular reference to solid state ones. Part of the training will take place in a research laboratory where an experiment in the field of physics of matter will take place.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti/Prerequisites: Concetti di base dell'ottica geometrica e dell'ottica fisica (interferenza, diffrazione, coerenza). Conoscenze dei principali fenomeni quantistici legati all'interazione radiazione-materia (assorbimento, emissione, probabilità di transizione, sezione d'urto, forme di riga). Conoscenze sulla risposta ottica di metalli e semiconduttori (effetto fotoelettrico esterno ed interno) / Basic concepts of geometric and physical optics (interference, diffraction, coherence). Knowledge of the main quantum phenomena related to the radiation-matter interaction (absorption, emission, transition probability, cross section, line shapes). Knowledge on the optical response of metals and semiconductors (external and internal photoelectric effect)		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Parte sperimentale: lavoro in gruppo, con relazione finale scritta e orale; Prova orale sull'intero programma svolto sostenuta dal singolo studente / Experimental part: group work with final discussion of a written project report; Oral examination on the covered topics taken by any single student		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	50 - Insegnamento / Course LABORATORIO DI FISICA DELLE PARTICELLE / PARTICLE PHYSICS LABORATORY	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU/credits: 8
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.		Educational objectives: Study of modern experimental techniques used in Elementary Particle Physics, with particular attention to the use of particle detectors for the measurement of the fundamental quantities related to their detection and identification. Acquisition of skills in the management and characterization in laboratory of detection systems, suitably equipped with reading and data acquisition electronics.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: - Elementi di fisica delle particelle, di elettronica e di elaborazione statistica dei dati / Elements of particle physics, electronics and statistical data analysis.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale con discussione di un elaborato progettuale / Written and oral examination with discussion of a project report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	51 - Insegnamento / Course LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE / NUCLEAR PHYSICS LABORATORY	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Lo studente raggiungerà conoscenze sull'uso della strumentazione e delle tecniche di analisi-dati in uso nel campo della fisica nucleare delle basse energie. Le conoscenze acquisite permetteranno allo studente di conoscere le principali tecniche tipiche della ricerca fondamentale in Fisica Nucleare delle basse energie, che potranno essere spese utilmente anche nel mercato del lavoro nel campo della sorveglianza ambientale, della radioprotezione, della fisica medica e della metrologia delle radiazioni ionizzanti.		Educational objectives: The student will gain knowledge of the tools and techniques commonly in use in the field of low-energy nuclear physics. The course content will enable the student to understand the main techniques in use in modern nuclear physics research, which are also commonly employed in the fields of environmental monitoring, radioprotection, medical physics and nuclear and radiation metrology
Esami propedeutici / Propaedeutic exams:		
Prerequisiti / Prerequisites: Elementi di fisica generale / General Physics		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale e prova finale di laboratorio / Oral examination with discussion of a project report and a final laboratory test		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	52 - Insegnamento / Course LABORATORIO DI SISTEMI DIGITALI / DIGITAL SYSTEMS LABORATORY
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire allo studente le conoscenze fondamentali per la progettazione di sistemi digitali basati su Field Programmable Gate Array (FPGA). Una parte significativa del corso è dedicata allo studio di un linguaggio di descrizione hardware (VHDL) allo scopo di poter simulare e sintetizzare circuiti digitali. Le esercitazioni assistite e lo sviluppo di un progetto di laboratorio consentiranno di utilizzare le conoscenze acquisite, verificare le capacità applicative e l'autonomia raggiunte dallo studente. In particolare, al termine del corso, lo studente sarà in grado di: - Utilizzare metodi di progetto, analisi e verifica appositamente sviluppati per sistemi digitali ad alta integrazione. - Progettare e realizzare un circuito digitale su scheda equipaggiata con FPGA in considerazione dei vincoli e prestazioni richieste. - Implementare sistemi embedded basati su soft-core. - Verificare le funzionalità del circuito realizzato attraverso dispositivi di diagnostica istanziati all'interno della stessa FPGA. - Redigere e presentare un elaborato tecnico riportando i dettagli progettuali e i risultati ottenuti	Educational objectives: The course aims to provide to the student the fundamental knowledge for the design of digital systems based on Field Programmable Gate Array (FPGA). A substantial part of the course is devoted to the study of a hardware description language (VHDL) in order to simulate and synthesize digital circuits. The assisted exercises and the realization of a laboratory project will allow the use of the acquired knowledge, the verification of the application skills and autonomy achieved by the student. At the end of the course, the student will be able to: - Use design, analysis and verification techniques specially developed for highly integrated digital systems - Design and implement a digital circuit on a board equipped with FPGA with respect to the constraints and required performances. - Implement embedded processors based on soft-cores. - Check the functionality of the implemented circuit through debug devices that can be instantiated within the FPGA itself. - Write and present a technical report discussing the project design and the results
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: -Conoscenza dell'Algebra di Boole e dei fondamenti di elettronica digitale ed analogica forniti nei corsi frontali e di laboratorio della Laurea triennale in Fisica ed Ingegneria / Knowledge of Boole's algebra and of the fundamentals of digital and analog electronics provided in the frontal and laboratory courses of bachelor's degree in Physics and Engineering	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato / Oral examination with discussion of a project report	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	53 - Insegnamento / Course MECCANICA DEL CONTINUO / CONTINUUM MECHANICS
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/06	CFU/credits: 8
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.	General educational aims: the course aims at providing knowledge and understanding of the basic theory of elasticity and fluid dynamics. Also, the course aims at showing 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: Fondamenti di meccanica e termodinamica / Fundamentals of mechanics and thermodynamics	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	54 - Insegnamento / Course MECCANICA QUANTISTICA / QUANTUM MECHANICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 9
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 diseguaglianza 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.		Educational 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-Eckart theorems, tensor operators). The course includes as well an introduction to Feynman path integral.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -- Si richiede una buona conoscenza di base dei principi fondamentali della Meccanica Quantistica, lo studio e la risoluzione di dell'equazione di Schroedinger per sistemi unidimensionali e tridimensionali e la teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale / Written and oral examination		
Corso erogato in lingua italiana / Course taught in Italian		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	55 - Insegnamento / Course MECCANICA QUANTISTICA DEI MOLTI CORPI / MANY-BODY QUANTUM THEORY	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU/credits: 8
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.		Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenza della meccanica quantistica con un livello di approfondimento e formalizzazione paragonabile, ad esempio, a quello del testo "Meccanica quantistica moderna" di Sakurai. / Knowledge of the quantum mechanics at the level, for instance, of Sakurai, Modern Quantum Mechanics.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	56 - Insegnamento / Course MECCANICA STATISTICA / STATISTICAL MECHANICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 9
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a consolidare e ampliare la <i>comprensione</i> della Termodinamica e della Fisica Statistica mediante l'acquisizione di <i>conoscenze</i> su argomenti standard e avanzati nel settore della Meccanica Statistica. Si richiedono <i>conoscenza e capacità di comprensione applicate</i> all'impostazione e all'analisi di semplici teorie in contesti diversi da quelli specificamente studiati. Si intende sviluppare la <i>capacità di giudizio</i> dello studente nel percepire, <i>apprendere, e saper comunicare</i> la valenza interdisciplinare delle teorie e delle metodologie matematiche apprese.		Educational objectives: The course is aimed at consolidating and expanding the <i>understanding</i> of Thermodynamics and Statistical Physics through the acquisition of <i>knowledge</i> on standard and advanced topics in the field of Statistical Mechanics. <i>Knowledge and understanding skills</i> of the student should be applied to the setting up and analysis of simple theories in contexts other than those specifically studied. We intend to develop <i>learning and communication skills</i> of the student, as well as his ability in <i>making judgements</i> about the interdisciplinary value of the theories and mathematical methodologies studied.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso erogato in lingua italiana / Course taught in Italian		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	57 - Insegnamento / Course METODI DI APPRENDIMENTO AUTOMATICO PER LA FISICA / MACHINE LEARNING METHODS FOR PHYSICS
Settore Scientifico - Disciplinare: INF/01	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso consentirà ai discenti di conseguire conoscenze e capacità di comprensione nell'ambito dell'intelligenza artificiale con particolare attenzione agli algoritmi di apprendimento automatico. In maniera specifica, i discenti matureranno conoscenze relative alle principali aree dell'apprendimento automatico, come apprendimento supervisionato, non supervisionato e con rinforzo. Inoltre, ai discenti saranno fornite conoscenze di preelaborazione dei dati, come selezione e estrazione delle caratteristiche dei dati, riduzione della dimensionalità dei dati, gestione di dati mancanti, e gestione di dati categorici. I discenti, inoltre, conseguiranno conoscenze legate a tecniche di validazione dei modelli di apprendimento automatico come, ad esempio, il metodo di k-fold cross validation. In tale contesto, i discenti matureranno conoscenze e capacità di comprensione applicate relative all'utilizzo del linguaggio di programmazione Python e alla programmazione distribuita basata su GPU per l'implementazione di algoritmi di apprendimento automatico. Infine, i discenti saranno capaci di valutare in maniera critica le prestazioni di algoritmi di apprendimento automatico, comunicare con elevata abilità informazioni relative a tale dominio di ricerca, e apprendere nuove metodologie in maniera autonoma.	Educational objectives: The course will allow learners to gain knowledge and understanding in the field of artificial intelligence with particular attention to machine learning algorithms. Specifically, learners will acquire knowledge related to the main areas of machine learning, such as supervised, unsupervised and reinforcement learning. Furthermore, learners will be provided with knowledge of data preprocessing, such as selection and extraction of features, data dimensionality, handling of missing data, and management of categorical data. Moreover, learners will acquire knowledge related to validation techniques of machine learning models such as, for example, the k-fold cross validation method. In this context, learners will develop knowledge and applied skills related to the use of the Python programming language and GPU-based distributed programming for the implementation of machine learning algorithms. Finally, learners will be able to critically evaluate the performance of machine learning algorithms, communicate information related to this research domain with high skill, and learn new methodologies autonomously.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti /Prerequisites: Conoscenze di informatica: architetture degli elaboratori. Programmazione procedurale (preferibilmente in linguaggio Python), costrutti condizionali, costrutti ciclici, funzioni, array e matrici. algoritmi e strutture dati. Utilizzo di sistemi operativi Unix-like (ad esempio GNU/Linux). Conoscenze di Matematica: algebra lineare e calcolo differenziale. / Computer science knowledge: computer architecture, procedural programming (preferably in language Python), conditional and iterative statements, functions, arrays and matrices. algorithms and data structures. Use of Unix-like operating systems (for example GNU \ Linux). Knowledge of Mathematics: linear algebra and differential calculus.	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale e progetto scritto/Oral examination and written project	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	58 - Insegnamento / Course METODI INVERSI / INVERSE METHODS
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/06	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: L'obiettivo principale del corso è di 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 alcuni problemi chiave quali l'incertezza, i problemi mal posti, la regolarizzazione, il bias e la risoluzione. E' sviluppata la capacità di apprendere gli aspetti teorici mediante esempi sviluppati in ambiente MATLAB. Al termine del corso lo studente sarà in grado di: - comprendere e rapportarsi ai problemi inversi - implementare gli strumenti numerici adeguati per la risoluzione di casi-studio proposti - aver maturato la capacità di interpretare e commentare criticamente i risultati ottenuti.	Educational 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-posedness, regularization, bias, and resolution. Learning skill of theoretical points is developed through MATLAB 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
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: 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./ We expect that students will have prior familiarity with linear algebra, differential equations, vector calculus, probability, statistics, and calculus.	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Presentazione e discussione di uno o più esercizi assegnati durante il corso. Colloquio orale sugli argomenti trattati /Presentation and discussion of one or more tasks assigned during the course	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	59 - Insegnamento / Course METODI MATEMATICI PER LA GEOFISICA / MATHEMATICAL METHODS FOR GEOPHYSIC	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 8
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		Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Elementi di programmazione / Basics of programming.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale e/o prova pratica / Oral examination and/or practise test		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	60 - Insegnamento / Course METODI NUMERICI PER LA FISICA / NUMERICAL METHODS FOR PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a sviluppare l'attitudine dello studente all'utilizzo dei metodi numerici per affrontare problemi fisici. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Progettare e realizzare al computer algoritmi per risolvere problemi di fisica complessi. - Valutare la consistenza delle soluzioni numeriche a partire dal condizionamento del problema da risolvere e in base alla precisione numerica richiesta e alla stabilità delle tecniche di calcolo a disposizione. - Impiegare tecniche con utilizzo di numeri casuali. - Rappresentare le metodologie impiegate e i risultati delle analisi numeriche in forma di relazione scritta.		Educational objectives: The course is aimed at developing the student's aptitude for using numerical methods to deal with physical problems. In particular, at the end of the course the student will be able to: - Design and implement computer algorithms to solve complex physics problems. - Evaluate the consistency of the numerical solutions starting from the conditioning of the problem to be solved and on the basis of the numerical precision required and the stability of the calculation techniques available. - Use techniques based on the use of random numbers. - Represent the methodologies used and the results of numerical analyzes in the form of a written report.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale con discussione di un elaborato / Written and oral examination with discussion of a project report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	61 - Insegnamento / Course METODI PER LA DIDATTICA / METHODS FOR EDUCATIONAL RESEARCH
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/08	CFU/credits: 8
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. Lo studente apprenderà i diversi tipi di strumenti di indagine in ambito didattico (scale Likert, concept inventory, etc..) e 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.	Educational aims: 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: Nessuno / None	
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenza di base di Excel e analisi dati elementare / Elementary knowledge of Excel and data analysis.	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale / Written and oral examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	62 - Insegnamento / Course METODI SPERIMENTALI PER LE NANOTECNOLOGIE E LA MATERIA CONDENSATA / EXPERIMENTAL METHODS FOR NANOTECHNOLOGIES AND CONDENSED MATTER PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU/credits: 8
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 sono illustrati i principi che guidano le diverse forme di ordine nella materia e regolano varie transizioni di fase, ed è impostato il problema del trasporto in generale nei sistemi a stato solido con attenzione agli effetti quantistici. A tale scopo sono considerati i sistemi mesoscopici e nanostrutturati e i sistemi superconduttivi con le loro proprietà uniche. 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, e di individuarne possibili sviluppi anche tramite analisi delle sue limitazioni. Costituisce in sostanza un esempio per vedere la meccanica quantistica non solo come chiave per interpretare la natura ma come operatore, come 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 la relativa fase di misura (nel campo della Fisica dello Stato Solido, QT e N) e quindi 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.		Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	63 - Insegnamento / Course METODOLOGIE PER ANALISI DELLE IMMAGINI / DIGITAL IMAGE PROCESSING
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà conoscenze sui fondamenti dell'elaborazione digitale delle immagini e dovrà dimostrare l'acquisita capacità di applicare tali conoscenze all'analisi delle immagini mediche, 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. Acquisirà inoltre conoscenze sul funzionamento ed utilizzo dei principali algoritmi di ricostruzione tomografica sia analitici che iterativi. Le conoscenze e competenze acquisite in elaborazione delle immagini si riferiranno sia al dominio spaziale che delle frequenze spaziali.	Educational objectives: The student will acquire knowledge on the fundamentals of digital image processing and demonstrate the acquired ability to apply this knowledge to the analysis of medical images, through the use of application software used in the scientific field. Acquire basic knowledge on the main image formats and information systems for the management and transmission of images in the medical field. Acquire knowledge on the parameters used in the analysis of image quality and medical imaging systems. Acquire knowledge on the operation and use of the main analytical and iterative tomographic reconstruction algorithms. Image processing in the spatial domain and frequencies.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: - Elementi di programmazione / Programming Basics	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato / Oral examination with discussion of a project report	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in the presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	64 - Insegnamento / Course MICROPROCESSORI E SISTEMI EMBEDDED / MICROPROCESSORS AND EMBEDDED SYSTEMS	
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a sviluppare l'attitudine dello studente alla progettazione, disegno, realizzazione e implementazione di sistemi autonomi controllati da microprocessore. Tali sistemi sono costituiti, alla loro massima espressione, da una catena che può partire da un'elettronica disegnata ad arte o acquisita sul mercato, e da una sezione a microcontrollore programmata opportunamente. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Affrontare e risolvere problemi ordinari di trattamento di segnali elettrici. - Disegnare circuiterie sia passive che attive per amplificazione, attenuazione e filtraggio di segnali. - Acquisire informazioni da sensori di carattere industriale per una grande varietà di grandezze fisiche (termodinamiche, meccaniche, elettriche, ottiche,...) - Integrare le parti indicate, con lo scopo di creare completi sistemi di controllo a "loop", costituiti dai passi di misura, elaborazione, attuazione di controllo in campo, mediante l'uso di microcontrollori a basso costo autonomamente programmati. - Concepire, disegnare e utilizzare i tool essenziali dell'ambiente LabVIEW™ di National Instrument allo scopo di svolgere operazioni di misura e controllo in laboratorio. Al termine del corso, lo studente, se di suo interesse, può sostenere l'esame di certificazione CLAD (Certified LabVIEW Associated Developer) presso la National Instruments, titolo questo di grande interesse oggi nel mondo industriale.		Educational objectives: The course is aimed at developing the student's aptitude for the design, construction and implementation of autonomous systems controlled by microprocessors. These systems are made up, at their maximum expression, of a chain that can start from an electronics designed to art or acquired on the market, and from an appropriately programmed microcontroller section. In particular, at the end of the course the student will be able to: - Address and solve ordinary problems of electrical signal processing. - Design both passive and active circuitry for amplification, attenuation and filtering of signals. - Acquire information from industrial sensors for a large variety of physical quantities (thermodynamic, mechanical, electrical, optical, ...) - Integrate the indicated parts, with the aim of creating complete "loop" control systems, consisting of the measurement steps, processing, implementation of control in the field, through the use of independently programmed low-cost microcontrollers. - Conceive, design and use the essential tools of National Instrument's LabVIEW™ environment for the purpose of carrying out measurement and control operations in the laboratory. At the end of the course, the student, if interested, can take the CLAD (Certified LabVIEW Associated Developer) certification exam at National Instruments, a title of great interest today in the industrial world.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Competenze essenziali di elettronica sia attiva che passiva. / Essential skills of both active and passive electronics.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con soluzione di esercizi scritta / Oral examination with written solving tasks		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	65 - Insegnamento / Course MISURE NUCLEARI / NUCLEAR MEASUREMENT TECHNIQUES
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/01-FIS/04	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire allo studente conoscenze sulla misura delle radiazioni ionizzanti e dei relativi effetti nell'interazione con la materia. Vengono presentate le principali tecniche d'indagine sperimentale chimico-fisica basati su tecniche nucleari, sia nel campo della ricerca di base che della fisica applicata. Saranno presentate alcune delle tecniche di analisi non distruttiva con fasci di particelle per lo studio e la caratterizzazione dei materiali. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Comprendere i principi di base del decadimento radioattivo e dei suoi effetti, della dosimetria e delle tecniche usate per la rivelazione delle radiazioni ionizzanti. - Applicare le conoscenze della radioattività e della interazione radiazione-materia all'interpretazione di risultati sperimentali ottenuti con le principali tecniche diagnostiche. - Comprendere e interpretare in maniera autonoma i risultati di misure sperimentali attuali pubblicati nella letteratura di riferimento. - Progettare esperimenti per la determinazione delle proprietà della materia su scala atomica e nucleare - Descrivere 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.	Educational objectives: Aim of the course is to provide the knowledge on the measurement of ionizing radiation, and the related effects in its interaction with matter. Will be introduced the main experimental research techniques based on nuclear effects for the determination of the matter properties at the atomic and nuclear level, for both the fundamental and applied research. Nondestructive particle-beams based analysis techniques, for the study and the characterization of materials, will be presented. After this course the Student will be able to: - Understand the principles of the radioactive decay and related effects, of the dosimetry and of the major techniques for the detection of ionizing radiations. - Apply the knowledge of radioactivity and radiation-matter interaction in the understanding of the results of experimental results of the more popular characterization methods. - Independently understand the results of actual measurements presented in the relevant literature - Design experiments aimed at the determination of the properties of the matter at the atomic and nuclear scales. - Present the principles, the techniques and the results of measurements of ionizing radiation and its interaction with the matter at the atomic and nuclear scales, for fundamental as well as applied research, for dosimetry and radioprotection.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: -	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	66 - Insegnamento / Course MODELLIZZAZIONE DEI SISTEMI BIOLOGICI / MODELIZATION OF BIOLOGICAL SYSTEMS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 8
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.		Educational objectives: The course is finalised to understand the process of modelization and its application to biological systems, and to solve specific models, both analitically (where possible) and numerically (using simulations).
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: conoscenze di base di programmazione / basic knolwdge of computer programming		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale / Oral examination with discussion of a project report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	67 - Insegnamento / Course OTTICA E INFORMAZIONE QUANTISTICA / QUANTUM OPTICS AND INFORMATION	
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/03		CFU/credits: 8
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 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. Saper descrivere in maniera dettagliata i processi di misura in ottica quantistica nel formalismo degli operatori.		Educational 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 use different quantum state and process representations such as density matrix, quasi-probability distribution, Master equation for describing quantum optical systems. To be able to properly describe the quantum optical measurements using operator formalism.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: La conoscenza dei concetti base di meccanica quantistica e dell'elettromagnetismo è essenziale/ Basic knowledge of quantum mechanics e classical electromagnetism is essential.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	68 - Insegnamento / Course PLANETOLOGIA / PLANETOLOGY	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05, GEO 01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a trasmettere allo studente i concetti basilari della Planetologia e delle metodologie teoriche, sperimentali ed osservative di questa disciplina. Il corso ha un'impostazione trasversale con le discipline di Scienze della Terra. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Descrivere le proprietà fondamentali dei principali dei pianeti e le teorie di formazione ed evoluzione. - Comprendere l'evoluzione dei corpi del nostro Sistema Solare - Analizzare dati spettroscopici per lo studio della composizione di superfici/atmosfere planetarie - Comprendere parte della letteratura scientifica in questo campo di ricerca - Rielaborare le conoscenze che si ottengono da osservazioni in remoto (telescopi, missioni spaziali)		Educational objectives: The course aims to convey to the student the basic concepts of Planetology and the theoretical, experimental and observational methodologies of this discipline. The course has a transversal approach with the disciplines of Earth Sciences. In particular, at the end of the course the student will be able to: - Describe the fundamental properties of the main planets and the theories of formation and evolution. - Understand the evolution of the bodies of our Solar System - Analyzing spectroscopic data for the study of the composition of planetary surfaces/atmospheres - Understanding part of the scientific literature in this field of research - Re-process the knowledge obtained from remote observations (telescopes, space missions)
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale e/o prova scritta / Oral and/or written examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	69 - Insegnamento / Course REAZIONI NUCLEARI / NUCLEAR REACTIONS	
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/04		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Le reazioni nucleari sono lo strumento piu' importante per indagare la struttura dei nuclei atomici e la produzione di nuclei non presenti in natura, cosi' come quelli presenti in altri ambienti come quello astrofisico o per scopi applicativi. Il corso è finalizzato a sviluppare l'attitudine dello studente alla comprensione dei meccanismi di reazione in termini di osservabili, metodi di rivelazione, e delle leggi di conservazione.		Educational objectives: Nuclear reactions are the most important tool to investigate the structure of the atomic nuclei and the production of nuclei not naturally occurring as well as those occurring in many other environments like the astrophysical environment or for application purposes. The course is aimed at developing the student's aptitude for understanding the reaction mechanisms in terms of observables, detection methods, and conservation laws.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti: E' richiesta una solida preparazione sia in fisica classica, sia una buona conoscenza dei fondamenti della meccanica quantistica e della fisica moderna. Prerequisites: A solid background in classical physics and in quantum mechanics and modern physics at an introductory level.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	70 - Insegnamento / Course RELATIVITA' GENERALE E GRAVITAZIONE / GENERAL RELATIVITY AND GRAVITATION	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 8
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 spazio-tempo è massimamente simmetrico; di modellizzare semplici meccanismi di produzione di onde gravitazionali.		Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale / Oral examination with discussion of a project report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	71 - Insegnamento / Course SENSORI, RIVELATORI ED ELETTRONICA ASSOCIATA / SENSORS, DETECTORS AD ASSOCIATED ELECTRONICS	
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a fornire conoscenze sulle tipologie e sul funzionamento di sensori e rivelatori. Si intende 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 come MATLAB. - 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.		Educational objectives: The course is aimed at providing knowledge on the types and functioning of sensors and detectors. It is intended to develop the aptitude to analyze and design measuring equipment, including electronic, analog and digital, necessary 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. - Deepen some aspects of physics at the basis of the functioning of sensors and detectors and of signal formation. - Analyze the dynamics of the signals through the Laplace transform method also through the use of programs such as MATLAB. - Learn some techniques for the treatment of analog signals. - Consolidate and deepen some aspects of digital electronics. - Analyzing and critically designing some measuring devices
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: - Conoscenze di base, al livello tipicamente acquisito durante i corsi fondamentali della laurea triennale in fisica, su: interazione radiazione materia, elettronica analogica e digitale, rivelatori di particelle / Basic knowledge on radiation-matter interaction, analog and digital electronics, particles detectors.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale / Oral examination with discussion of a project report		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	72 - Insegnamento / Course SIMOLOGIA / SEISMOLOGY
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/06	CFU/credits: 8
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.	General educational aims: 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 at showing 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: E' 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. Alcuni elementi delle suddette discipline saranno tuttavia richiamati durante il corso, ed applicati attraverso esercitazioni / 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. These concepts will be briefly recalled during the course and applied during the exercitations.	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale / Oral examination with discussion of a project report	
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	73 - Insegnamento / Course SISTEMI COMPLESSI / COMPLEX SYSTEMS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 8
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 Simulated Annealing). 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.		Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale / Written and oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	74 - Insegnamento / Course SPETTROSCOPIA OTTICA / OPTICAL SPECTROSCOPY
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03	CFU/credits: 8
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.).	Educational 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. - Analyze and understand experimental findings of optical spectroscopy experiments and the corresponding physical mechanisms in different application fields (material analysis, diagnostics, sensors, etc.).
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: -	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination	
Corso che può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	75 - Insegnamento / Course STORIA DELL'ASTRONOMIA / HISTORY OF ASTRONOMY
Settore Scientifico - Discipline: FIS/05, FIS/08	
CFU/credits: 8	
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a fornire allo studente una conoscenza del ruolo giocato dall'astronomia nel corso della storia umana, soffermandosi sulle influenze che essa ha avuto in pressoché tutti i settori di attività: arte, architettura, struttura sociale, religioni, scienza e tecnologia. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Comprendere l'importanza della conoscenza scientifica ai fini del progresso della cultura umana - Comprendere le interconnessioni tra sapere scientifico, filosofico e umanistico - Utilizzare tali conoscenze anche in altri settori della conoscenza - Esporre i risultati principali dei propri studi analisi dati in forma di relazione scritta.	Educational objectives: The course aims at providing the student with a better understanding of the role played by astronomy in the course of human history, paying special attention to the influences it has had on almost all fields of human endeavor: arts, architecture, society, religions, science and technology. In particular, at the end of the course, the student will be able to: - Understand the crucial role played by science in the advancement of human culture. - Understand the interconnections among scientific knowledge, philosophy and humanities - Use these skills also in other fields of activity - Present the results of his/her studies in form of a written report or presentation.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: - nessuno/none	
Prerequisiti / Prerequisites: - nessuno/none	
Corso erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: - Astrofisica/Astrophysics	
Prerequisiti / Prerequisites: -	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale, consistente nella discussione di argomenti svolti durante le lezioni frontali del corso / Oral examination with discussion of topics covered in the course lectures	
Corso che può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	76 - Insegnamento / Course STORIA DELLA FISICA / HISTORY OF PHYSICS
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/08	CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: La finalità del corso è quella di integrare criticamente, attraverso percorsi storici, aspetti fondamentali della fisica classica e moderna con le indicazioni relative all'analisi storica. 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 impostato sullo sviluppo delle idee fisiche. 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.	Educational aims: The purpose of the course is to critically integrate, through historical paths, fundamental aspects of classical and modern physics with indications relating to historical analysis. The cognitive objectives to be achieved are the historical-critical knowledge of some physical issues studied from a positive and curricular point of view. The skills to be acquired concern the structuring of a historical framework based on the development of physical ideas. The course also intends to provide the student with the methods of addressing the History of Physics necessary for understanding the methods of research in the given sector. The student will be guided in the application of their knowledge, will participate in activities (visits to the University Physics Museum, illustrative reconstructions of historical experiments) to become familiar with the methodologies on display.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -	
Prerequisiti / Prerequisites: padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica e del corso di Elettromagnetismo; conoscere i principali contenuti del corso di Istituzioni di Fisica Quantistica e del corso di Fisica Moderna. / Mastering of the course of Mechanics and Thermodynamics, as well as that of Electromagnetism; knowledge of the main contents of the course of Quantum Mechanics and that of Modern Physics	
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination	
Corso che può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)	

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	77 - Insegnamento / Course TECNICHE DI ACCELERAZIONE E TRASPORTO DI FASCI DI PARTICELLE / ACCELERATION TECHNIQUES AND PARTICLE BEAM TRANSPORT	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03, FIS/01		CFU/credits: 8
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;		Educational objectives: The course aims: - to deepen the operation of some of the most important parts of an accelerating machine in the study of the generation, transport and use of charged particle beams; - to the understanding of the laws governing the optics and dynamics of charged and relativistic particle beams; - to understand the fundamental principles that govern the stability of an accelerating machine; - to deepen the ultra-compact mechanisms of ultra-intense gradient plasma acceleration.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	78 - Insegnamento / Course TECNICHE DI ACQUISIZIONE DATI/ DATA ACQUISITION TECHNIQUES	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03, FIS/01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso avvia lo studente alla conoscenza ed all'uso di nozioni che lo mettano in grado di comprendere e finalizzare le moderne tecniche di acquisizione dei dati sperimentali in fisica, a partire dai rivelatori, il condizionamento dei segnali, la digitalizzazione, l'elaborazione e il salvataggio dei dati. Alla fine del corso dovrà essere in grado di progettare e realizzare un semplice sistema di acquisizione e/o controllo.		Educational objectives: The course leads the student to the knowledge and use of notions enabling to understand and finalize modern data acquisition techniques in experimental physics, starting from detectors, signal conditioning, digitalization, pre-analysis and storage. At the end of course, the student should be able to design and realize a simple acquisition and/or control system.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale, consistente nella discussione dell'elaborato progettuale steso sulla base dell'esperienza svolta in laboratorio e nella presentazione orale di argomenti svolti durante le lezioni frontali del corso./ Written and oral examination with discussion of a written project report on a laboratory experiment and oral presentation of topics covered in the course lectures		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	79 - Insegnamento / Course TECNICHE SPERIMENTALI PER LA FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI/EXPERIMENTAL TECHNIQUES FOR PARTICLE PHYSICS	
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/01		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi generali: 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; – 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.		Didactical objectives: The course aims to provide 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 characterize their interactions; – knowledge and understanding of the structure of the complex experimental apparatus necessary to carry out these measurements; – understanding and critical evaluation of the most recent experimental literature in the field of the physics of fundamental interactions.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Fisica delle Particelle Elementari, Laboratorio di Fisica delle Particelle, Fisica Astroparticellare/Particle Physics, Laboratory of Particle Physics, Astroparticle Physics		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	80 - Insegnamento / Course TEORIA CLASSICA DEI CAMPI / CLASSICAL FIELD THEORY	
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/02		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a 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.		Educational 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; – Rielaborate 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 condense matter physics and modern theories of gravity; – Formalise and schematise problems in theoretical physics.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: Conoscenze di Elettrodinamica / Background knowledge of Electrodynamics		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto e orale / Written and oral examination		
Corso che può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	81 - Insegnamento / Course TEORIA DEI GRUPPI E APPLICAZIONI / GROUP THEORY AND APPLICATIONS	
Settore Scientifico - Disciplina: FIS/02		CFU/credits: 8
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 alcuni concetti basilari della teoria dei gruppi e delle sue applicazioni (ad esempio, i concetti di trasformazione di simmetria e di rappresentazione proiettiva di un gruppo). - Padroneggiare alcuni metodi della teoria dei gruppi e delle rappresentazioni dei gruppi (ad esempio, la costruzione delle estensioni centrali di un gruppo per lo studio delle sue rappresentazioni proiettive). - Applicare le conoscenze acquisite di teoria dei gruppi in diversi settori della fisica teorica (ad esempio, nell'ambito di un'attività di ricerca). - Formalizzare e comunicare concetti della fisica teorica in un linguaggio scientifico chiaro, rigoroso ed efficace (ad esempio, per preparare una tesi, un progetto di ricerca o un articolo scientifico).		Educational 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 some basic concepts of group theory and of its applications (e.g., the notions of symmetry transformation and of projective representation of a group). - Master some methods of the theory of groups and of their representations (e.g., the construction of the central extensions of a group for studying its projective representations). - Apply group theory to various fields of theoretical physics (e.g., for doing research in these fields). - Formalize and communicate concepts of theoretical physics in a clear, sound and effective scientific language (e.g., in preparing a thesis, a research project or a scientific article).
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenza di nozioni basilari di algebra, analisi, teoria degli operatori, relatività e meccanica quantistica. Il corso è autosufficiente per quanto concerne strumenti più avanzati. / A basic knowledge of algebra, analysis, operator theory, relativity and quantum mechanics is assumed. The course is self-contained w.r.t. more advanced tools.		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	82 - Insegnamento / Course TEORIA DELLA STRUTTURA NUCLEARE / THEORY OF NUCLEAR STRUCTURE	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/04		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi generali: Il Corso fornirà allo studente le competenze necessarie per affrontare studi di struttura nucleare attraverso la padronanza di specifici modelli e metodi, oltre che la conoscenza della fenomenologia e delle problematiche ad essa connessa. In particolare, il corso porterà lo studente a: - acquisire dimestichezza con il formalismo e i concetti della meccanica quantistica su cui i modelli stessi sono fondati; - comprendere e padroneggiare alcuni metodi teorici di più largo impiego per lo studio della struttura nucleare; - interpretare, applicare e confrontare criticamente i risultati e le previsioni ottenuti con modelli diversi; - conoscere le tematiche di ricerca attuali della fisica nucleare.		Didactical objectives: The class will provide the competences needed in the study of nuclear structure. This will be achieved through the use of suitable models, as well as the knowledge of the phenomenology and the open issues connected to the nuclear structure theory. At the end of the class the student will: - be familiar with the formalisms and quantum mechanics concepts needed in nuclear structure models; - understand and use widely employed theoretical methods in nuclear structure studies; - understand, apply and critically compare the results and the predictions obtained through different theoretical methods; - know the main open issues in actual research in nuclear structure theory.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: Fisica Nucleare / Nuclear Physics		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	83 - Insegnamento / Course TEORIA DELLE STRINGHE / STRING THEORY	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso intende trasmettere allo studente i concetti principali e gli strumenti matematici fondamentali della teoria delle stringhe. Alla fine del corso, lo studente avrà acquisito le seguenti conoscenze: - metodi di quantizzazione della stringa bosonica aperta e chiusa; - teoria conforme in due dimensioni con applicazione alle stringhe; - quantizzazione BRST e integrazione funzionale con applicazione alle stringhe; - dualità nella teoria delle stringhe; - stringhe e brane, teorie effettive a basse energie.		Educational objectives: The course intends to transmit to the student knowledge of the primary concepts and the fundamental mathematical tools of String Theory. At the end of the course, the student will know: - methods to quantize the open and closed bosonic string; - conformal field theory in 2 dimensions and its application in String Theory; - BRST quantization and path integral in String Theory; - dualities in String Theory; - strings and branes, low energy effective field theories.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenze elementari in teoria quantistica dei campi / Basic knowledge of Quantum Field Theory		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale ed esercizi settimanali / Oral examination and weekly tests		
Corso che può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	84 - Insegnamento / Course TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI / QUANTUM FIELD THEORY	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Lo scopo del corso è fornire una conoscenza dettagliata della Meccanica Quantistica dei sistemi ad infiniti gradi di libertà in regime relativistico, delle metodiche per trattare le divergenze presenti nelle teorie in interazione e del formalismo dell'integrazione funzionale. Alla fine del corso lo studente sarà in grado, partendo da una teoria Lagrangiana, di ricavare le simmetrie della teoria, di ottenere le regole di Feynman, di calcolare le ampiezze di scattering e le sezioni d'urto dei processi di quella teoria. In particolare, sarà in grado di farlo per le teorie scalari in autointerazione e per la Elettrodinamica Quantistica anche ad ordini perturbativi non banali.		Educational objectives: The aim of the course is to provide a detailed knowledge of Quantum Mechanics of systems with infinite degrees of freedom in the relativistic regime, of the methods for dealing with the divergences in the interacting theories and of the formalism of functional integration. At the end of the course the student will be able, starting from a given Lagrangian, to derive the symmetries of the theory, to obtain the Feynman rules, to calculate the scattering amplitudes and cross sections of that theory. In particular, he will be able to do this for scalar theories in self-interaction and for Quantum Electrodynamics even at next to leading perturbative order.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: - Meccanica Quantistica, Elettrodinamica Classica		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame scritto / Written examination		
Corso che può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri/ Course that can be taught in English in presence of foreign students		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	85 - Insegnamento / Course TEORIA STATISTICA DEI CAMPI / STATISTICAL FIELD THEORY	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU/credits: 8
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato all'acquisizione di concetti avanzati di meccanica statistica, quali la teoria dei fenomeni critici, l'approccio di campo medio, il gruppo di rinormalizzazione, la meccanica statistica di non equilibrio, la teoria di sistemi complessi quali i vetri di spin.		Educational objectives: The course aims to the acquisition of advanced concepts of statistical mechanics, like the theory of critical phenomena, the mean field approach, the renormalization group, non-equilibrium statistical mechanics, the theory of complex systems like spin glasses.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -		
Prerequisiti / Prerequisites: Conoscenze di base di meccanica statistica / Basic notions of statistical mechanics		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Esame orale / Oral examination		
Corso che può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Corso di Laurea Magistrale in Fisica	86 - Insegnamento / Course TERMODINAMICA COMPUTAZIONALE/ COMPUTATIONAL THERMODYNAMICS	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU/credits: 8
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.		Educational 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.
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: - Meccanica quantistica / Quantum mechanics		
Prerequisiti / Prerequisites: -		
Modalità di accertamento del profitto / Examination methods: Relazione scritta / Written report		
Corso che può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / Course that can be taught in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)		

Allegato C



Università degli Studi di Napoli Federico II

Laurea Magistrale in Fisica (N94)

Modalità di assegnazione e svolgimento della tesi di laurea, norme per l'ammissione all'esame di laurea, modalità di svolgimento dell'esame di laurea e criteri di valutazione.

(Approvato dalla CCD nell'adunanza dello 14/10/2016)

La Commissione di Coordinamento Didattico (CCD) stabilisce le modalità di svolgimento della prova finale per il conseguimento della Laurea Magistrale in Fisica (LM) presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II". 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.

Esame di Laurea

La prova finale per il conseguimento della Laurea Magistrale in Fisica [esame di Laurea] consiste nella discussione, davanti ad una Commissione appositamente nominata, di un elaborato redatto in modo originale dallo studente [tesi] preparato sotto la guida di almeno un professore o ricercatore del Dipartimento di Fisica [Dipartimento]. E' possibile derogare da questa regola nel solo caso in cui lo studente scelga come unico relatore un ricercatore che sia dipendente di un Ente di Ricerca convenzionato e che abbia il Dipartimento come sede formale di lavoro.

La tesi consiste in una relazione scritta in Italiano o in Inglese, elaborata in modo originale su argomenti teorici o sperimentali nei campi della Fisica. Il lavoro può essere svolto all'interno del Dipartimento o all'esterno presso aziende, strutture e laboratori, tanto universitari quanto di enti di ricerca pubblici o privati, in Italia o all'estero. In tal caso viene nominato un tutore presso la struttura esterna al Dipartimento, che deve risultare quale relatore della tesi insieme al relatore/i nominato dal Dipartimento.

Modalità di richiesta e assegnazione della tesi

Può chiedere l'assegnazione della tesi uno studente iscritto al secondo anno del Corso di Laurea Magistrale, il quale abbia conseguito almeno **44 CFU** e superato almeno **5** esami di profitto. Lo studente può concordare l'argomento della tesi con uno o più relatori a sua scelta. Subito dopo aver concordato con il/i relatore/i prescelto/i l'argomento della prova finale, lo studente dovrà ottenere l'approvazione della CCD (attraverso un'apposita sottocommissione) consegnando alla Segreteria Didattica del Dipartimento il modulo di richiesta e assegnazione della tesi, scaricabile dall'apposita pagina web del Corso di Studi
http://www.fisica.unina.it/didattica/magistrale_fisica.html.

Sul modulo lo studente dovrà riportare il/i nome/i del/i relatore/i, il titolo della tesi, una breve descrizione degli argomenti su cui verte il lavoro di tesi, la struttura presso cui il lavoro sarà svolto. Il modulo, contenente l'indicazione della data prevista per la discussione della tesi, dovrà essere controfirmato dal/i relatore/i e dall'eventuale tutore presso la struttura esterna al Dipartimento.

Modalità di svolgimento della tesi

La prova finale ha il valore complessivo di **41 - 42 CFU** a seconda del curriculum scelto. Il credito formativo per l'attività di tesi corrisponde a 25 ore di impegno complessivo dello studente. Deve quindi corrispondere di norma a un impegno totale dello studente di 6-7 mesi a tempo pieno, ovvero ad una durata corrispondentemente maggiore se l'impegno per la tesi è sovrapposto ad altre attività formative. In ogni caso, fra la data di consegna del modulo di richiesta e assegnazione della tesi e la data di consegna del modulo di prenotazione per la seduta di laurea e delle copie della tesi alla Segreteria Didattica del Dipartimento dovrà intercorrere un lasso di tempo non inferiore a 4 mesi.

La sottocommissione, appositamente convocata dal Coordinatore della CCD, esamina il modulo di richiesta e assegnazione della tesi, eventualmente:

- i) approva l'argomento della tesi,
- ii) nomina il/i relatore/i. Nel caso di più relatori, la CCD individua fra questi un relatore di riferimento [*relatore*].
- iii) nomina un correlatore, scelto tra i professori o i ricercatori universitari del Dipartimento, che non sia membro del gruppo di ricerca presso il quale si svolge la tesi.

Dalla data di assegnazione, il *relatore* assume l'obbligo, in qualità di Responsabile di attività di didattica e di ricerca, di guidare con continuità il laureando nelle attività del suo percorso formativo di tesi, che includono, ove previsto dall'argomento di tesi, la eventuale frequentazione di Laboratori di ricerca. Il *correlatore* ha il compito di discutere con il candidato ed eventualmente con il *relatore* lo svolgimento dell'attività di tesi e la successiva preparazione dell'elaborato scritto necessario per la dissertazione della Laurea Magistrale, ferma restando la responsabilità del/i relatore/i nella guida del candidato nelle attività di tesi. Il laureando è tenuto a presentare al *correlatore*, entro due mesi dall'approvazione della tesi, un breve elaborato sullo stato di avanzamento dei lavori. Successivamente il laureando dovrà contattare periodicamente il *correlatore* per discutere gli ulteriori sviluppi della sua attività. Il *relatore* è tenuto ad assicurarsi che lo studente ottemperi a tali obblighi. Il *relatore* ed il *correlatore* segneranno, nella loro relazione scritta finale sul lavoro di tesi, eventuali scostamenti da tale procedura, indicandone le motivazioni.

L'attività di tesi va conclusa, di norma, entro **10** mesi dalla data di assegnazione da parte della sottocommissione, a meno che non sussistano motivate ragioni per derogare da tale limite. L'elaborato presentato alla Commissione di Laurea e recante sul frontespizio la firma autografa del *relatore*, deve contenere:

- [] inquadramento del problema,
- [] risultati della misura o del calcolo o del lavoro di rassegna,
- [] discussione e conclusioni,
- [] bibliografia.

Il *relatore* dovrà curare in particolare che il lavoro di tesi faccia acquisire al candidato capacità critica e di lavoro autonomo di sufficiente qualità e che l'elaborato di tesi documenti tali acquisite capacità. Nel caso di tesi interdisciplinari dovrà altresì essere curata l'acquisizione da parte del candidato delle metodologie rilevanti all'argomento della tesi.

L'elaborato di tesi di LM, opera intellettuale creativa a carattere scientifico prodotta dal candidato, va redatto nel rispetto delle norme vigenti, in particolare in materia di diritto di autore. Qualora il lavoro di tesi sia stato svolto all'interno di progetti di ricerca finanziati in tutto o in parte da parte di soggetti esterni all'Università, vanno rispettati gli obblighi previsti dagli specifici accordi tra il Dipartimento o l'Università e il soggetto esterno.

Norme per l'ammissione all'esame di laurea

È ammesso all'esame di laurea lo studente che abbia conseguito tutti i crediti previsti dal vigente ordinamento del Corso di Laurea Magistrale in Fisica (DM 270/04). Tale limite, comprensivo di tutti gli esami di profitto e delle altre attività, deve essere raggiunto non meno di 20 giorni prima della data prevista per la seduta di Laurea alla quale lo studente intende partecipare.

Il diario delle sedute di Laurea per tutto l'anno accademico è pubblicato nel mese di Marzo di ciascun anno ed è disponibile sul sito web della CCD (<http://www.fisica.unina.it/didattica>). La data prevista per la seduta di Laurea, cioè la data riportata nel diario delle sedute di Laurea, è il primo giorno di riunione delle Commissioni di Laurea, che opereranno di norma nel seguente ordine: lauree quadriennali in Fisica (07, 60), lauree magistrali in Fisica (358, N94), lauree magistrali in Astrofisica e Scienze dello Spazio (242, N91), lauree triennali in Fisica (567, N85), lauree triennali in Ottica e Optometria (M44).

I laureandi magistrali in Fisica dovranno in primo luogo compiere gli adempimenti comuni per i laureandi di tutti i corsi di laurea della Scuola, Area Didattica di Scienze MM. FF. NN. Tali adempimenti sono illustrati nella bacheca della **Segreteria Studenti della Area Didattica di Scienze MM. FF. NN.** (Centri Comuni di Monte S. Angelo) e devono essere inderogabilmente completati nei tempi e nei modi da essa specificati. Di norma la prenotazione deve essere eseguita entro il giorno 15 del mese solare precedente quello in cui lo studente intende laurearsi; contestualmente si deve presentare la domanda di Laurea. In seguito, entro il termine ultimo di 15 (quindici) giorni prima della data prevista per l'inizio degli esami di Laurea, il laureando deve provvedere alla consegna di una copia elettronica della tesi (sotto forma di file DOC o PDF su CD-ROM) accompagnata dal frontespizio della tesi in forma cartacea contenente il nome di tutti i relatori e firmato dal *relatore*, insieme alla dichiarazione di conformità della copia elettronica alla copia cartacea in possesso del *relatore*.

La Segreteria Studenti della Area Didattica di Scienze MM. FF. NN. della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base ribadisce comunque l'obbligo di prendere visione delle norme indicate nel foglio notizie allegato alla modulistica di prenotazione da essa distribuita.

Oltre ai precedenti adempimenti di carattere generale, i laureandi magistrali in Fisica dovranno consegnare un'ulteriore documentazione alla **Segreteria Didattica** del Dipartimento (Complesso Universitario di Monte S. Angelo, stanza 0M06, tel. 081-676874, e-mail segredid.fisica@unina.it) entro il termine ultimo di **15 (quindici)** giorni prima della data prevista per l'inizio degli esami di Laurea. Il laureando deve consegnare il modulo di *prenotazione per la seduta di*

Laurea (scaricabile dal sito *web* del CCD) e l'elaborato di tesi, che deve essere sotto forma di file DOC o PDF su CD-ROM, ed accompagnato da **1 (una)** copia cartacea contenente sul frontespizio il titolo della tesi, nome e matricola dello studente, nonché nome e firma del *relatore*, nonché il nome di tutti gli eventuali altri relatori della tesi indicati nel documento di assegnazione tesi. Nel consegnare l'elaborato di tesi il candidato autorizza contestualmente il Dipartimento e l'Università alla conservazione, alla catalogazione e alla pubblica accessibilità e diffusione dell'elaborato di tesi, anche con mezzi telematici, per gli usi consentiti, nel rispetto delle norme vigenti in materia di tutela dei diritti d'autore, a meno di previsione contraria contenuta negli accordi tra il Dipartimento o l'Università e l'Ente esterno nel caso di attività di ricerca finanziate con fondi esterni.

Commissione di laurea

Le Commissioni giudicatrici della prova finale per il conseguimento della Laurea Magistrale in Fisica [Commissioni di Laurea] sono nominate, su delega del Rettore, dal Direttore del Dipartimento [Direttore] e sono composte da **9** membri scelti tra i professori di ruolo e i ricercatori del Dipartimento, di cui almeno **4** professori di ruolo. Sono presiedute nell'ordine dal Direttore del Dipartimento, o dal Coordinatore della CCD del Corso di Laurea Magistrale in Fisica, o dal più anziano in ruolo dei professori di prima fascia presenti o dal più anziano in ruolo dei professori di seconda fascia presenti nella Commissione.

Le sedute di Laurea sono organizzate da un'apposita sottocommissione, che su delega del Direttore determina la composizione della Commissione di Laurea indicandone per ciascuna il Presidente (nei limiti indicati nel comma precedente), i membri effettivi e supplenti e, tra i membri effettivi, il Segretario. Di norma, il Segretario è il componente della Commissione di Laurea con minore anzianità di servizio. Della Commissione fanno parte, di norma, il relatore ed il correlatore di ciascuna delle tesi che verranno discusse nella seduta. Eventuali altri relatori delle tesi discusse sono invitati alla seduta della Commissione di Laurea ma non ne sono membri.

Tutti i membri della Commissione di Laurea vengono convocati mediante messaggio di posta elettronica a cura della *Segreteria Didattica*, almeno 9 giorni prima della data prevista per la seduta. Tutti i membri della Commissione di Laurea, all'uopo nominati e convocati, sono tenuti ad essere presenti ai lavori della Commissione al momento del suo insediamento, nel locale e all'ora indicati nella convocazione, e per tutta la durata della seduta. In caso di giustificato impedimento, i componenti della Commissione devono darne comunicazione per tempo alla *Segreteria Didattica* al fine di provvedere alla loro eventuale sostituzione.

Il *relatore* e il *correlatore* devono far pervenire per via telematica alla *Segreteria Didattica* del Dipartimento, al più tardi il giorno prima della seduta della Commissione di Laurea, ciascuno la propria relazione firmata sul lavoro di tesi contenente un voto complessivo espresso da un numero intero compreso tra **1 (uno)** - **10 (dieci)**. Al fine di standardizzare il formato delle relazioni e rendere analitica la valutazione numerica, relatore e correlatore trasmetteranno la propria relazione compilando un apposito modulo disponibile sul sito *web* della CCD ed in *Segreteria Didattica*.

Il *relatore* che intenda segnalare per la lode il proprio candidato, dovrà farne richiesta via *e-mail*, almeno **7 (sette) giorni** prima della seduta di laurea, al Presidente della Commissione di Laurea, inviando il messaggio per conoscenza anche agli altri Commissari e alla *Segreteria Didattica* del Dipartimento.

A cura del Segretario della Commissione, le relazioni e la documentazione utile devono pervenire al Presidente della Commissione di laurea **prima dell'inizio** della seduta di Laurea.

Modalità di svolgimento e valutazione dell'esame di Laurea

Il Dipartimento assicura che la discussione pubblica del lavoro di tesi avvenga in un locale del Dipartimento o della Scuola, di adeguata capienza ed attrezzatura di video-presentazione, reso disponibile al pubblico prima dell'inizio della seduta di Laurea, in modo da permettere un ordinato e puntuale svolgimento della seduta di esame, ed assicura inoltre la disponibilità contestuale di un locale in cui la Commissione di Laurea possa riunirsi per le valutazioni delle prove di esame.

La Commissione di Laurea esprime la propria votazione finale in centodecimi e può concedere, all'unanimità, la lode al candidato che consegua il massimo dei voti. Il voto minimo per il superamento della prova finale è sessantasei centodecimi.

Nella seduta della Commissione di Laurea il Presidente, prima di procedere all'esame pubblico del candidato, ed a porte chiuse, illustra la carriera dello studente, e dà lettura delle relazioni del *relatore* e del *correlatore* sulla tesi del candidato, omettendo la lettura dei voti complessivi ivi contenuti.

La prova finale di Laurea consiste in una esposizione del lavoro di tesi da parte del candidato, in forma di presentazione in formato elettronico, che avrà durata compresa fra 20 e 30 minuti, seguita dalle risposte agli eventuali rilievi della Commissione.

Dopo l'esposizione del candidato, la Commissione si riunisce a porte chiuse e viene data lettura dei giudizi finali del relatore e del correlatore. Ciascun membro della Commissione quindi, tenendo conto dell'esposizione della tesi, dei giudizi di relatore e correlatore e della carriera dello studente, esprime in **maniera indipendente** la propria valutazione della prova sostenuta dal candidato con un numero intero compreso tra **0 (zero)** e **10 (dieci)**. Al fine di standardizzare e rendere analitica la propria valutazione, ciascun membro della Commissione fornirà il proprio giudizio compilando un apposito modulo disponibile sul sito *web* della CCD ed in Segreteria Didattica.

Il **voto collegiale** della commissione è quindi dato dalla media aritmetica dei voti espressi dai membri della Commissione, arrotondato a tre cifre decimali. Il voto dell'esame di Laurea, espresso in trentesimi con arrotondamento a tre cifre decimali, è quindi ottenuto sommando il voto collegiale della commissione ai voti del relatore e del correlatore.

Il **voto finale di Laurea** è infine ottenuto come **somma** (arrotondata all'intero più vicino) del **voto base** (determinato dalla media degli esami di profitto, intesa come media pesata in base ai crediti formativi degli esami previsti per il Corso di Studio della LM, trasformata in centodecimi ed espressa con tre cifre decimali) e del **voto dell'esame di Laurea diviso per 5 (cinque)**. Qualora tale somma superi 110 (centodieci), il voto finale di laurea è 110/110 (centodieci centodecimi). Si noti che in virtù di tale regolamento il contributo dell'esame di Laurea al voto finale di laurea è compreso nell'intervallo 0.4 – 6 espresso in centodecimi.

Ai fini del conferimento della lode è necessario che la somma non arrotondata della media degli esami di profitto e del voto finale di Laurea sia maggiore o uguale a **112/110**. La lode sarà assegnata se il Presidente accerta che vi sia l'unanimità dei pareri favorevoli dei membri della Commissione, con al più due astenuti.