

Corsi di Studio in Fisica
LAUREA MAGISTRALE IN FISICA

Classe LM-17 "Fisica" del DM 270/04

REGOLAMENTO DIDATTICO

A.A. 2019/2020 e successivi

(prima approvazione: CCD 25-06-2018)

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 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;
 - c) per Regolamento Didattico di Ateneo (RDA), il Regolamento Didattico approvato dall'Università ai sensi del DM del 23 ottobre 2004, n. 270;
 - d) per Corso di Laurea Magistrale, il Corso di Laurea Magistrale in Fisica, come individuato dal successivo art. 2;
 - e) per titolo di studio, la Laurea Magistrale in Fisica, come individuata dal successivo art. 2;
 - f) 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;
 - g) per Commissione o CCD la Commissione Didattica di Coordinamento 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;
 - h) 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.

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 e 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;
 - f) gli eventuali curricula offerti agli studenti.
3. Le schede che costituiscono l'allegato B2 definiscono per ciascun insegnamento e attività formativa:
 - a) il settore scientifico disciplinare, i contenuti e gli obiettivi formativi specifici, con particolare riferimento ai descrittori di Dublino, la tipologia della forma didattica, i crediti e le eventuali propedeuticità;
 - b) le modalità di verifica della preparazione che consenta nei vari casi il conseguimento dei relativi crediti.
4. 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 crediti formativi universitari corrispondenti.
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.
6. Nel caso di corsi d'insegnamento articolati in moduli, questi potranno essere affidati alla collaborazione di più Professori di ruolo e/o Ricercatori.

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 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 e di Facoltà, 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

A1.1 Requisiti d'ingresso

Per frequentare proficuamente il corso di Laurea Magistrale in Fisica sono richieste adeguate conoscenze di matematica, chimica e fisica 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. A tal fine, costituisce un importante requisito di ingresso il possesso di almeno 20 CFU di insegnamenti nell'ambito delle discipline Matematiche, Chimiche e Informatiche, e di almeno 40 CFU di insegnamenti di discipline Fisiche, che comprendono conoscenze di Fisica Classica, di Meccanica Quantistica e Microfisica, esperienza di laboratorio e analisi dati. I laureati in Fisica (ex D.M. 270: Classe L-30 "Scienze e Tecnologie Fisiche"; ex. D.M. 509/99: Laurea Triennale della classe XXV "Scienze e Tecnologie Fisiche") si considerano in possesso dei prescritti requisiti curriculari.

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.

Tale procedura si applica anche agli studenti in possesso di una laurea di I livello non di Fisica o di una laurea scientifica del previgente ordinamento.

Qualora la sottocommissione ritenga sufficiente il livello delle conoscenze e competenze del Laureato, esprime un giudizio di idoneità, che consente l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale in Fisica. Se, invece, la preparazione dello studente è valutata non idonea, 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 attraverso elaborati scritti, diagrammi e schemi. Capacità di sostenere una discussione scientifica utilizzando gli argomenti appresi.	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.

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”							
Elenco A – Insegnamenti caratterizzanti a scelta							

	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"							
Elenco B – Insegnamenti affini a scelta							
	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

Il corso 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"							
Elenco C – Insegnamenti a scelta di tipo astrofisico							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Astrofisica Multi-messenger	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	Meccanica Quantistica	9	1		Teorico e dei fondamentali della fisica	FIS/02	LF
6	Fisica del Sistema Solare	8	1			FIS/05 GEO/01	LF
7	Storia dell'Astronomia	8	1			FIS/05 FIS/08	LF
8	Filosofia della conoscenza scientifica	8	1			M-FIL/01	LF

Corso di Laurea Magistrale in Fisica 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	Insegnamento a scelta in elenco A	9	1	Caratterizzante	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/02	LF
6	Insegnamento a scelta in elenco B	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	Insegnamento a scelta in elenco B	8	1	Affine e integrativo		FIS/01 FIS/05 FIS/08 MAT/04	LF

3	Insegnamento a scelta autonoma	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				

I corsi 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 autonoma possono essere individuati 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. I corsi a scelta e a scelta autonoma suggeriti sono riportati rispettivamente negli elenchi B e C.

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	Laboratorio di Fisica Biomedica	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
4	Laboratorio di Fisica della Materia	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
5	Laboratorio di Fisica delle Particelle	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
6	Laboratorio di Fisica Nucleare	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
7	Laboratorio di Sistemi Digitali	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
8	Metodi Sperimentali per le Nanotecnologie e la materia condensata	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB

9	Misure Nucleari	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
10	Storia dell'Astronomia	8	1	Affine e integrativo	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/05 FIS/08	LF
11	Storia della Fisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e fondamentali della fisica	FIS/08	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "DIDATTICA"							
<i>Elenco C – Insegnamenti a scelta autonoma consigliati</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Filosofia della conoscenza scientifica	8	1	A scelta		M-FIL/01	LF
2	Pedagogia Generale e Sociale	8	1	A scelta		M-PED/01	LF
3	Psicologia Dello Sviluppo: Teorie e Metodi	8	1	A scelta		M-PSI/04	LF
4	Psicometria	8	1	A scelta		M-PSI/03	LF
5	Scienza, Tecnologia E Società	8	1	A scelta		SPS/07	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	Insegnamento a scelta in elenco A	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	Insegnamento a scelta autonoma	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”							
Elenco A Insegnamenti Affini del secondo anno							
	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							
Elenco dei corsi a scelta consigliati							
	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	

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	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				

I corsi a scelta autonoma possono essere individuati 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 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"							
Elenco A – Insegnamenti caratterizzanti a scelta							
	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'optoelettronica, 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				

I corsi 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	Fisica dei Plasmi	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
2	Fisica della Materia Molle	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
3	Fisica delle Basse Temperature	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 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

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. I corsi a scelta autonoma possono essere scelti 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, 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 dall'elenco A	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	
2	Insegnamento affine o integrativo dall'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	Elettronica Digitale	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
4	Fisica della Radiazione Cosmica	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
5	Fisica Sperimentale della Gravitazione	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF+LAB
6	Fondamenti di Elettronica	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
7	Laboratorio di Sistemi Digitali	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
8	Metodi di apprendimento automatico per la Fisica	8	1	Affine e integrativo		INF/01	LF + LAB
9	Sensori, Rivelatori ed Elettronica Associata	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
10	Tecniche di Accelerazione e Trasporto di Fasci di Particelle	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF

I corsi a scelta autonoma possono essere individuati nel seguente elenco di corsi consigliati, 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 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 FIS/08	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 FIS/08	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				

I corsi 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"							
<i>Elenco A Insegnamenti Caratterizzanti</i>							
	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	Didattica della Fisica I	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	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	Insegnamento a scelta in elenco A	9	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
6	Metodi Inversi	8	1	Affine e integrativo	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
7	Esame affine 1	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

Il corso 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	Geoelettromagnetismo	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
3	Geofisica Applicata	8	1	Affine e integrativo	Astrofisico, geofisico e spaziale	GEO/11	LF
4	Complementi di Metodi Matematici per la Fisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamentali della fisica	FIS/02	LF
5	Metodi Matematici per la Geofisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamentali della fisica	FIS/02	LF

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	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Acquisizione Dati e Sistemi di Controllo	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
2	Analisi Dati in Fisica Subnucleare	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
3	Analisi ed Elaborazione dei Segnali	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01, FIS/06, FIS/07	LF + LAB
4	Architetture Integrate di Sistemi di Controllo	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
5	Astrofisica	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
6	Astrofisica delle Alte Energie	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
7	Astrofisica Multi-messenger	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
8	Astrofisica Nucleare	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01 FIS/04	LF
9	Astroinformatica	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF+LAB
10	Basi Fisiche della Risonanza Magnetica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/07, ING-INF/02	LF
11	Biofisica delle Radiazioni	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
12	Calcolo Quantistico ed Apprendimento Automatico	8	1			INF/01	LF+LAB
13	Complementi di Cosmologia	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/02, FIS/05	LF
14	Complementi di Elettronica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
15	Complementi di Fisica delle Particelle Elementari	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
16	Complementi di Meccanica Statistica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
17	Complementi di Metodi Matematici per la Fisica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF

18	Cosmologia	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/02, FIS/05	LF
19	Didattica della Fisica I	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	LF
20	Didattica della Fisica II	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	LF
21	Didattica della Matematica	8	1			MAT/04	LF
22	Dosimetria delle Radiazioni	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF + LAB
23	Elettrodinamica Classica	9	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
24	Elettronica Digitale	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
25	Elettronica Musicale	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
26	Evoluzione Stellare	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
27	Filosofia della conoscenza scientifica	8	1			M-FIL/01	LF
28	Fisica Astroparticellare	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
29	Fisica Astroparticellare Teorica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
30	Fisica dei Nuclei Esotici	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
31	Fisica dei Plasmi	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
32	Fisica dei Plasmi Astrofisici	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
33	Fisica della Materia Molle	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
34	Fisica della Radiazione Cosmica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
35	Fisica della Terra e dell'Atmosfera	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
36	Fisica delle Basse Temperature	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
37	Fisica delle Galassie	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
38	Fisica delle Particelle Elementari	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF

39	Fisica dello Stato Solido 1	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
40	Fisica dello Stato Solido 2	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
41	Fisica del Sistema Solare	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05 GEO/01	LF
42	Fisica Medica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
43	Fisica Nucleare	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
44	Fisica Nucleare per i Beni Culturali ed Ambientali	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
45	Fisica Sperimentale della Gravitazione	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF+LAB
46	Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
47	Fondamenti di Elettronica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
48	Fotonica	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
49	Geoelettromagnetismo	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
50	Geofisica Applicata	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	GEO/11	LF
51	Geoinformatica	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
52	Griglie Computazionali per la Fisica	8	1			INF/01	LF
53	Introduzione alla Gravità Quantistica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
54	Laboratorio di Elettronica Analogica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
55	Laboratorio di Astrofisica	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/01 FIS/05	LF+LAB
56	Laboratorio di Fisica	10	2		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
57	Laboratorio di Fisica Biomedica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/07	LF + LAB
58	Laboratorio di Fisica della Materia	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF + LAB
59	Laboratorio di Fisica delle Particelle	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
60	Laboratorio di Fisica Nucleare	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF + LAB

61	Laboratorio di Sistemi Digitali	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
62	Meccanica del Continuo	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
63	Meccanica Quantistica	9	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
64	Meccanica Quantistica dei Molti corpi	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
65	Meccanica Statistica	9	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
66	Metodi di Apprendimento Automatico per la Fisica	8	1			INF/01	LF + LAB
67	Metodi Inversi	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
68	Metodi Matematici per la Geofisica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
69	Metodi Numerici per la Fisica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
70	Metodi per la Didattica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	LF+LAB
71	Metodi Sperimentali per le Nanotecnologie e la Materia Condensata	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF + LAB
72	Metodologie per l'Analisi delle Immagini	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
73	Microprocessori e Sistemi Embedded	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	
74	Misure Nucleari	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/01 FIS/04	LF
75	Modellizzazione dei Sistemi Biologici	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
76	Ottica Quantistica	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
77	Pedagogia Generale e Sociale	8	1			M-PED/01	LF
78	Psicologia dello Sviluppo: Teorie e Metodi	8	1			M-PSI/04	LF
79	Psicomетria	8	1			M-PSI/03	LF
80	Reazioni Nucleari	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
81	Relatività Generale e Gravitazione	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
82	Sensori, Rivelatori ed Elettronica Associata	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF

83	Scienza, Tecnologia e Società	8	1			SPS/07	LF
84	Sismologia	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF + LAB
85	Sistemi Complessi	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
86	Sistemi Fisici Discreti e Tecniche di Programmazione Avanzate	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
87	Spettroscopia Ottica	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
88	Storia dell'Astronomia	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
89	Storia della Fisica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	LF
90	Tecniche di Accelerazione e Trasporto dei Fasci di Particelle	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
91	Tecniche di Acquisizione Dati	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
92	Tecniche Sperimentali per la Fisica delle Particelle Elementari	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
93	Teoria Classica dei Campi	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
94	Teoria dei Gruppi e Applicazioni	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
95	Teoria della Struttura Nucleare	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
96	Teoria delle Stringhe	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
97	Teoria Quantistica dei Campi	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
98	Teoria Statistica dei Campi	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
99	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

1 - Insegnamento: ACQUISIZIONE DATI E SISTEMI DI CONTROLLO		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire adeguate competenze per la progettazione e la gestione di moderni apparati automatizzati di acquisizione dati e di apparati di controllo.		
Programma sintetico 1. Inquadramento, utilizzo degli elaboratori in esperimenti di fisica. 2. Sensori I: Principi di funzionamento, caratteristiche comuni a tutti i sensori e trasduttori. 3. Sensori II: Esempi di sensori reali. 4. Condizionamento dei segnali di misura: necessità, amplificatori operazionali: varie configurazioni, Filtri. 5. Digitalizzazione delle informazioni: DAC, ADC, e loro caratteristiche principali, esempi di tecniche di conversione. 6. Trasmissione delle informazioni: Generalità, varie topologie, trasmissione seriale, trasmissione parallela, sincrona/asincrona. Protocolli. Esempi di interfacciamento. 7. Richiami di architettura degli elaboratori e bus; Macchina di Von Neumann, macchine basate su bus. Caratteristiche dei bus: linee dati, linee indirizzi, linee di controllo. 8. Sistemi operativi e S.O. in real time 9. Strumentazione modulare. 10. Strumentazione virtuale. LabVIEW. 11. Sistemi di controllo. Fondamenti. Esempi e applicazioni. Attività sperimentale in laboratorio su sistemi di acquisizione (2 CFU).		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto.		

2 - Insegnamento: ANALISI DATI IN FISICA SUBNUCLEARE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire conoscenze e capacità d'uso delle tecniche per la trattazione, l'interpretazione statistica e la presentazione dei dati sperimentali. Approfondisce ed amplia temi di statistica, descrivendone l'applicazione nell'ambito dei moderni esperimenti di fisica delle particelle, e fornisce gli strumenti per comprendere il design di un' analisi atta ad una misura di fisica. Lo studente sarà in grado di mettere in pratica quanto appreso durante il corso lavorando su esempi ristretti a casi semplici ma realistici di analisi dati. Sarà messo in grado di strutturare un'analisi mettendo a fuoco quantitativamente requisiti e i punti critici di un esperimento di fisica delle alte energie allo scopo di effettuare una misura di fisica.		

Programma sintetico :

Il corso si propone di introdurre i concetti fondamentali che permettono di analizzare i dati raccolti da un moderno esperimento di Fisica Subnucleare. 1. Concetti di base di teoria della probabilità: probabilità Frequentista e Bayesiana, stima di parametri: concetti generali sugli stimatori, minimum variance bound, il metodo dei minimi quadrati (MQ), il metodo della massima verosimiglianza (ML), proprietà degli stimatori MQ e ML; applicazione a casi pratici, binned vs unbinned ML. 2. Il problema del trigger negli apparati sperimentali: tipici rates e flusso di dati, elementi di teoria delle code; esempi di sistemi di trigger per esperimenti a bersaglio fisso e su collider. 3. Tecniche di ricostruzione: algoritmi di ricostruzione di tracce, di clusters e di vertici. Esempi di ricostruzione all'interno di rivelatori in esperimenti di fisica delle particelle. 4. Analisi di sistemi a molte variabili: pattern recognition, tecniche multivariate e machine learning. 5. Il Metodo Monte Carlo (MC): integrazione MC, metodi di riduzione della varianza, il metodo MC per la simulazione di processi fisici ed esempi su processi fisici a varie scale di energia. 6. Trattamento delle incertezze: incertezze statistiche e sistematiche, covarianza, propagazione degli errori nel caso generale, stima delle incertezze sistematiche, interpretazione bayesiana e marginalizzazione delle incertezze. 7. Test di ipotesi: errori di primo e secondo tipo, lemma di Neyman Pearson e likelihood ratio, discriminanti di Fischer, test del chi quadrato. 8. Intervalli di confidenza: definizione frequentista e Bayesiana; il problema degli intervalli vicino ad un limite fisico o in presenza di fondo. 9. Esempi di design di analisi in fisica subnucleare: misure di precisione, ricerche di processi rari in diversi tipi di apparati sperimentali.

Esami propedeutici:

Prerequisiti: Conoscenze di base di fisica delle particelle, nozioni di statistica.

Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale

3 - Insegnamento: ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALE

Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01, FIS/06, FIS/07		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di introdurre lo studente alle conoscenze dell'analisi di segnali a tempo discreto, dei metodi per la loro elaborazione e strumenti matematici per il loro trattamento. Saranno descritte le teorie e le tecniche per il campionamento, interpolazione, analisi dei segnali nel dominio del tempo e della frequenza. Inoltre saranno presentate ed applicate in esercitazione le metodologie che sono attualmente in uso per l'analisi e l'elaborazione avanzata di segnali a tempo discreto. Il corso ha lo scopo di fornire allo studente le basi teorico-sperimentali e gli strumenti numerici per l'analisi dei segnali a tempo discreto. Il corso fornirà gli strumenti numerici ed uso dei sw per l'analisi tempo-frequenza di segnali sismici e non solo. Nella parte esercitativa lo studente svolgerà brevi progetti sperimentali finalizzati all'analisi di segnali sismici ed alla loro modellazione.		
Programma sintetico: 1. Introduzione: Elaborazione del segnale: Breve storia; Segnali a tempo/ampiezza discreti Sistemi di comunicazione; 2. Segnali a tempo discreto: i segnali di base e frequenza digitale, operatori elementari e formula riproduttiva, l'energia e potenza, le classi di segnali a tempo discreto, i segnali a lunghezza finita / infinita 3. Interpolazione e campionamento: Segnale discreto, banda limitata, Interpolazione, Teorema del campionamento, Aliasing 4. Analisi di Fourier 1: Cenni preliminari, serie di Fourier e trasformata per segnali a tempo continuo, DFT (Trasformata di Fourier discreta), DFS (serie discreta di Fourier), DTFT (Trasformata di Fourier a tempo discreto), 5. Analisi di Fourier 2: Proprietà della trasformata di Fourier, Analisi di Fourier in pratica, Tracciamento di dati spettrali, Calcolo della trasformazione: FFT, Cosmetics: Zero-Padding, Windowing; Analisi spettrale, analisi tempo-frequenza: lo spettrogramma 6. Applicazioni di Fourier in sismologia: Stima di spettri, windowing, ricampionamento, sismogrammi - contenuto di frequenza, Eigenmodes of the Earth, analisi tempo-frequenza, Il momento sismico dei terremoti, Analisi del rumore 7. Filtri a tempo discreto 1: Sistemi lineari tempo-invarianti, filtraggio nel dominio del tempo, l'operatore di convoluzione, proprietà della risposta all'impulso, filtro dominio del tempo, 8. Filtri a tempo discreto 2: Filtro FIR, filtraggio IIR, filtraggio nel dominio della frequenza, filtro: dominio della frequenza, filtri ideali, filtri realizzabili, esempi di filtri reali, risposta dello strumento: la stazione sismica. 9. Elaborazione del segnale in tempo reale in sismologia: Earthquake Early Warning		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: E' richiesta una buona familiarità con i concetti e principi 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.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato scritto.		

4 - Insegnamento: ARCHITETTURE INTEGRATE DI SISTEMI DI CONTROLLO

Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/ 01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire una conoscenza approfondita delle principali architetture dei sistemi a microprocessore per lo sviluppo dei sistemi informatici di tipo <i>general purpose</i> , educando lo studente alle problematiche di progettazione hardware e software dei moderni sistemi di acquisizione dati e di controllo. L'uso in laboratorio di schede elettroniche dotate di microprocessori, consentirà allo studente di sviluppare le proprie capacità applicative attraverso l'apprendimento delle tecniche necessarie a progettare sistemi di interfaccia tra il processore e dispositivo esterno usando esempi diversi di protocolli di comunicazione.		
Programma sintetico: Richiami di: architettura e programmazione dei sistemi a microprocessore. Sistemi di interfacciamento del microprocessore verso i suoi sottosistemi (<i>memory controller, on-chip memory, uart etc.</i>) Programmazione in modalità "Real time". Il sistema I/O: organizzazione dell'I/O; dispositivi di I/O, funzionalità principali e modello di programmazione; Protocolli di comunicazione (RS232, CAN BUS, I2C, Spacewire): introduzione, caratteristiche del protocollo, formati dei messaggi, rilevamento degli errori, auto diagnosi dei nodi, livello fisico, implementazione dei nodi, uso. Il corso prevede attività di laboratorio assistita e lo sviluppo di un progetto che gli studenti svolgeranno autonomamente.		
Esami propedeutici: Elettronica digitale.		
Prerequisiti: Conoscenza del linguaggio di programmazione C.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o scritto e prova pratica per il Laboratorio.		

5 - Insegnamento: ASTROFISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Ci si prefigge di fornire allo studente una comprensione dei principali meccanismi fisici che governano e determinano le proprietà dei corpi celesti. In particolare, ci si prefigge di mostrare come le conoscenze acquisite nel corso della laurea triennale siano di per sé sufficienti ad ottenere stime quantitative di parametri cruciali quali, ad esempio, l'età e la durata delle principali fasi dell'evoluzione stellare, le caratteristiche fisico-chimiche dei sistemi (eso)planetari, etc. Conoscenza di semplici modelli stellari (omologhi, politropici) e e delle caratteristiche della strumentazione astronomica.		
Programma sintetico: Fenomenologia degli oggetti celesti (sistema solare, stelle, mezzo interstellare e Galassia). Osservabili dei sistemi planetari e teorie di formazione. I dati astronomici: catena di acquisizione, fotometria e spettroscopia. Teoria della migrazione planetaria. Risonanze planetarie. Determinazione dei parametri fisici degli oggetti celesti (distanze, masse, raggi, etc.). Equazioni di struttura stellare. Trasporto radiativo e convettivo. Reazioni nucleari di interesse astrofisico. Evoluzione di stelle di piccola massa. Evoluzione di stelle di grande massa. Cenni sugli stati finali dell'evoluzione stellare.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Fisica statistica		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

6 - Insegnamento: ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire allo studente una visione pancromatica dei fenomeni Astrofisici, con particolare enfasi sui processi delle Alte Energie, attraverso un approccio che combini parte teorica, sperimentale e fenomenologica. Il corso prevede lo svolgimento di esercizi sull'applicazione delle nozioni apprese nel corso, ed esercitazioni sull'uso di strumenti informatici per la programmazione ed analisi di dati da missioni di alte energie.		

Programma sintetico:	
I parte - Processi di interazione radiazione-materia: equazione del trasporto radiativo: sezioni d'urto, cammino libero medio, coefficienti di attenuazione, densità colonnare; assorbimento fotoelettrico; formula di Larmor; scattering Thomson; scattering Compton diretto e inverso; Comptonizzazione; effetto Sunayev-Zeldovich; Bremsstrahlung; Bremsstrahlung termico; emissione di Sincrotrone	
II parte - Tecniche di rivelazione per le alte energie: caratteristiche dei rivelatori: sensibilità, area efficace, efficienza quantica, potere risolutivo; rivelatori a gas: contatori proporzionali (con o senza sensibilità spaziale), Geiger, camere a scintillazione; rivelatori a scintillazione, fotomoltiplicatori; dispositivi a stato solido; CCD; calorimetri; Spettroscopia X: reticoli di diffrazione; ottiche ad incidenza radente; modulatori temporali e spaziali, maschere codificate; telescopi X e γ ; telescopi Compton; schermi ad anticoincidenza	
III parte - fenomeni astrofisici delle alte energie: corone stellari: il Sole, emissione termica, approssimazione coronale, curva di raffreddamento, emissione X in stelle di sequenza principale, sistemi binari: RS CVn; emissione X in stelle di presequenza; fasi finali dell'evoluzione stellare: supernovae, curve di luce e decadimento radiativo, resti di supernovae; Gamma Ray Burst; sistemi binari in accrescimento: nane bianche, cenni sulle variabili cataclismiche, High Mass X-ray Binaries; stelle di neutroni e Low-Mass X-ray Binaries; Black-Hole binaries; emissione X in galassie normali: emissione discreta, venti galattici, aloni galattici; Nuclei Galattici Attivi: fenomenologia e caratteristiche spettrali, modello unificato; emissione X negli ammassi di galassie.	
Esami propedeutici: Astrofisica.	
Prerequisiti: Il corso richiede la conoscenza di nozioni introduttive di Astrofisica di base (spettri stellari, teorema del viriale, equilibrio dinamico, leggi di Saha, di Boltzmann, di Planck), di struttura ed evoluzione stellare, di formazione degli oggetti compatti (nane bianche, stelle di Neutroni, Buchi Neri), nonché di elementi di base di Fisica delle Galassie (classificazione e proprietà delle galassie) e Cosmologia Osservativa (parametri cosmologici, distanza di luminosità, distanza angolare).	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con risoluzione collegiale di problemi svolti durante il corso.	

7 - Insegnamento: ASTROFISICA MULTI-MESSENGER		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire adeguate competenze per la comprensione di aspetti avanzati dell'astrofisica moderna "multi-messenger".		
Programma sintetico: Richiami di Relatività Generale. I test classici della Relatività Generale: precessione al perielio, teoria delle orbite, red-shift gravitazionale, ritardo di Shapiro. Il collasso gravitazionale. La soluzione di Tolmann. Il concetto di buco nero. La soluzione di Schwarzschild, La soluzione di Kerr, la soluzione di Reissner-Nordstrom. Oggetti relativistici compatti. Trattazione relativistica delle stelle di neutroni. Equazione di stato delle stelle di neutroni. Limite di Chandrasekhar. Onde Gravitazionali. Derivazione della equazione di propagazione delle equazioni di Einstein. Momento di quadrupolo. Sorgenti di onde gravitazionali. Binarie coalescenti. Interferometri gravitazionali. Rivelazione delle onde gravitazionali. Event Horizon Telescope. Astrofisica multimessenger. Fondamenti di astrofisica particellare. Astrofisica dei neutrini e strumenti correlati.		
Esami propedeutici: Astrofisica, Astrofisica delle alte energie		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

8 - Insegnamento: ASTROFISICA NUCLEARE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01,FIS/04		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
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. 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.		

Programma sintetico: <i>Introduzione storica della tematica dell'astrofisica nucleare</i> Osservazioni astronomiche di interesse per l'astrofisica nucleare Proprietà dei nuclei Reazioni nucleari Meccanismi delle reazioni nucleari Tecniche sperimentali per la fisica nucleare Combustione dell'idrogeno e dell'elio Combustioni avanzate nelle stelle Sintesi dei elementi pesanti Nucleosintesi esplosiva
Esami propedeutici:
Prerequisiti: Conoscenza di base della fisica sperimentale e trattazione dati. Conoscenza di base della teorica quantistica. Conoscenza di base della fisica nucleare.
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.

9 - Insegnamento: ASTROINFORMATICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire adeguate competenze per l'applicazione delle moderne tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) all'acquisizione ed analisi dei dati astronomici.		
Programma sintetico: Fondamenti di data warehousing. Fondamenti di ICT e programmazione parallela. Fondamenti di data mining. Fondamenti di ingegneria del software. Fondamenti di Astrostatistica. Paradigmi di machine learning per l'astrofisica. Data-intensive e-science e Big Data. Strumenti pratici ed esempi per la risoluzione di problemi astrofisici. Tecniche e tecnologie per il data mining (DM) in astrofisica, GRID computing, intelligenza artificiale, virtual observatory.		
Esami propedeutici: Astrofisica, Laboratorio di Fisica.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

10 - Insegnamento: BASI FISICHE DELLA RISONANZA MAGNETICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: : FIS/07, ING-INF/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Lo studente dovrà acquisire conoscenze dei fenomeni fisici di base della Risonanza Magnetica per applicazioni diagnostiche. Lo studente deve dimostrare di saper descrivere i principi fisici alla base della Risonanza Magnetica e dell'Imaging in Risonanza Magnetica, nonché dei dispositivi presenti nell'impianto e della relativa applicazione.		
Programma sintetico: Introduzione ai meccanismi di interazione dei tessuti biologici con i campi elettromagnetici (dai campi statici alle radiofrequenze), proprietà elettriche e magnetiche dei tessuti alle diverse frequenze; tecniche di misura e modelli teorici; determinazione della potenza specifica (SAR, W/kg) dissipata nei tessuti; caratteristiche elettromagnetiche e termiche dei tessuti biologici e distribuzioni di temperatura in distretti tissutali non omogenei conseguenti all'applicazione di radiofrequenze. La Risonanza Magnetica Nucleare: principi fisici, hardware: magneti, Z- e X-Y bobine di gradiente, gradient driver, bobine e antenne a RF: (B+/B-) coil;birdcage coil, surface coil, shimming coil, matching e tuning; fantocci per controllo qualità, gabbia di Faraday. Mezzi di contrasto. Imaging di Risonanza Magnetica (MRI) nella diagnostica medica. Spettroscopia di Risonanza Magnetica Nucleare (NMR). Scanner MRI clinici. Risonanza ad alto campo. Artefatti. Controlli di qualità. Sicurezza elettromagnetica: valutazione dei livelli di campo magnetico ed elettromagnetico per la protezione dei lavoratori e della popolazione dall'esposizione a campi elettromagnetici (normative e misure di campi di gradiente e di campi elettrici indotti dal movimento). Imaging del Tensore di Diffusione (DTI).		
Esami propedeutici: Fisica Medica		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

11 - Insegnamento: BIOFISICA DELLE RADIAZIONI

Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Conoscenza dei concetti di radiazione/energia, dei meccanismi di base dell'interazione della radiazione con la materia biologica, dei principali danni al DNA, e della capacità degli effetti biologici dell'esposizione della radiazione ionizzante di manifestarsi su scale spazio-temporali molto diverse, dipendendo dalla deposizione energetica iniziale su scala nanometrica e sui processi biomolecolari di riparo. La conoscenza specifica che è alla base dell'obiettivo formativo del corso si riferisce ai principali meccanismi che regolano l'azione biologica della radiazione ionizzante di interesse in radioprotezione ed in ambito clinico, con enfasi sulla qualità della radiazione, sui modelli radiobiofisici che sono stati elaborati nel tempo e sui concetti radiobiologici alla base della moderna radioterapia, particolarmente sull'uso terapeutico di fasci di particelle cariche (adroterapia).		
Programma sintetico: 1.Radiazione direttamente e indirettamente ionizzante. Stadio fisico-chimico della deposizione di energia in target biologici Concetti di stopping power e LET. Struttura di traccia. Cenni di microdosimetria 2. Grandezze radioprotezionistiche. Concetti di dose equivalente, dose efficace e fattori legati alla qualità della radiazione e alla radiosensibilità di organi/tessuti. Linear No-threshold model. 3.Principali tipi di danni al DNA radioindotti e meccanismi biomolecolari di riparo 4. Cromosomi: aberrazioni radioindotte. Tumori ed aberrazioni cromosomiche. Classificazione delle aberrazioni e loro valenza prognostica. Tecniche di rivelazione. Biodosimetria. 5.Effetti a livello cellulare dell'esposizione alla radiazione ionizzante. Effetti tardivi. 6. Curve dose-risposta. Modelli radiobiofisici. 7. Radiosensibilità cellulare e sua modulazione. Effetti extra bersaglio 8.Carcinogenesi radioindotta. Non-cancer effects: radiazione e danno cardiovascolare 10. Cenni di biologia tumorale. Risposta tumorale e del tessuto sano alla radiazione. razionale radiobiologico della radioterapia. uso di fasci di ioni accelerati in radioterapia (adroterapia).		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Preferibile, ma non indispensabile, una conoscenza di base dei costituenti la materia vivente (cellula e sua struttura, DNA, proteine, etc), facilmente acquisibili nel corso di studio triennale in fisica seguendo il corso a scelta di Elementi di Biofisica		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

12 - Insegnamento: CALCOLO QUANTISTICO ED APPRENDIMENTO AUTOMATICO		
Settore Scientifico - Disciplinare: INF/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Questo insegnamento consentirà ai discenti di conseguire conoscenze e capacità di comprensione nel dominio del paradigma del calcolo quantistico della sua applicazione alla realizzazione di algoritmi avanzati di machine learning. I discenti saranno in grado di applicare le conoscenze e la capacità di comprensione acquisite a domini significativi della fisica applicata come: fisica della materia, fisica nucleare e subnucleare, fisica dell'universo, e fisica astroparticellare.		
Programma sintetico: Introduzione al calcolo quantistico: numeri complessi e spazi vettoriali complessi; rappresentazione di sistemi deterministici, probabilistici e quantistici; aggregazione di sistemi quantistici; meccanica quantistica: superposition, entanglement e quantum interference; architetture di sistemi quantistici: bits e qubits, gate classici, gate reversibili, gate quantistici; algoritmi quantistici: algoritmo di Deutsch, algoritmo di Deutsch-Jozsa, algoritmo della periodicità di Simon, algoritmo di ricerca di Grover, algoritmo di fattorizzazione di Shor; linguaggi di programmazione per i sistemi di calcolo quantistico; cenni di crittografia quantistica. Introduzione alla computazione classica: La macchina di Turing; il modello di computazione circuitale, complessità computazionale. Introduzione al machine learning: introduzione all'apprendimento automatico, apprendimento supervisionato, apprendimento non supervisionato, apprendimento per rinforzo; algoritmi di apprendimento supervisionato basati sul perceptrone, neuroni adattivi lineari, regressione logistica, macchine a vettori di supporto, alberi decisionali e foreste casuali; tecniche per la risoluzione di problemi di overfitting; tecniche di costruzione o ottimizzazione di dataset, algoritmi per la riduzione della dimensionalità; combinazione di modelli di apprendimento; analisi a regressione; algoritmi di apprendimento non supervisionato, algoritmi di clustering partizionale; algoritmi di clustering gerarchico; applicazione di machine learning. Introduzione al quantum machine learning: quantum clustering, quantum classification, quantum pattern recognition, quantum regression, quantum adiabatic computing.		
Esami propedeutici:		

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.
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e progetto scritto.

13 - Insegnamento: COMPLEMENTI DI COSMOLOGIA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02, FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il Corso si propone di fornire agli studenti alcune competenze avanzate sugli aspetti osservativi e teorici della cosmologia moderna, partendo dagli elementi di base della cosmologia relativistica, del cosiddetto modello cosmologico standard e del suo completamento inflazionario, fino a giungere ai modelli fondamentali di energia oscura. Il corso segue un'impostazione fenomenologica che equilibra gli aspetti teorici e quelli osservativi. Un'appendice finale è dedicata alle onde gravitazionali. Determinazione di distanze in diversi scenari cosmologici, implementazione dell'analisi cosmografica; equazioni di Friedmann e determinazione dei parametri cosmologici in diversi modelli di Dark Energy. Approccio variazionale alle teorie estese della gravitazione. Risoluzione numerica dell'equazione differenziale per il fattore di crescita delle perturbazioni lineari in diversi scenari cosmologici. Equazione e soluzione delle onde gravitazionali in gauge TT.		
Programma sintetico: 1. I: L'universo omogeneo ed isotropo 2. Il modello cosmologico standard: i parametri cosmologici e le distanze in cosmologia 3. Problemi del modello del Big-Bang 4. Soluzione inflazionaria II: L'universo accelerato e la Dark Energy: teoria ed evidenze osservative 1. La Costante Cosmologica 2. La Dark Energy come un nuovo fluido cosmologico 3. La Dark Energy come effetto di un campo scalare: Quintessenza 4. La Dark Energy come effetto di teorie modificate della gravità: le teorie scalar tensoriali e le teorie F(R) 5. Approccio cosmografico al problema della Dark Energy 6. Metodi osservativi per investigare la Dark Energy III L'Universo non omogeneo 1. Teoria lineare delle perturbazioni in un Universo di Friedmann 2. Cenni alla teoria non lineare IV Introduzione alle onde gravitazionali		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenza della Relatività Generale e degli strumenti matematici di cui si fa uso.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o prova scritta		

14 - Insegnamento: COMPLEMENTI DI ELETTRONICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso avvia lo studente alla conoscenza delle nozioni avanzate e moderne della progettazione elettronica. Lo studente sarà in grado di comprendere e finalizzare le principali tecniche di progettazione e realizzazione di circuiti analogici per l'amplificazione e l'acquisizione dei segnali. Lo studente valorizzerà le sue capacità scegliendo fra le varie possibilità tecnologiche odierne fino ad arrivare ad un progetto completo realizzato e verificato nelle sue funzionalità. Esporrà il progetto dimostrando il livello della sua autonomia di giudizio critico, della sua abilità nella comunicazione e della sua capacità di apprendere.		
Programma sintetico: Progettazione avanzata di amplificatori e circuiti di acquisizione dati. Uso e scelta dei dispositivi elettronici. Amplificatori a MOS. Uso estensivo dei carichi attivi e conseguenze su guadagno ed integrazione su larga scala. Generatori di corrente, Integratori di carica, sample and hold e misuratori di tempo. Uso dei MOS come interruttori. Memorie analogiche. Conversioni analogiche digitali. Rumore negli amplificatori e sua rappresentazione elettrica. Sistemi di Front-End ed Acquisizione dati.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		

Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.
--

15 - Insegnamento: COMPLEMENTI DI FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
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.		
Programma sintetico: Elementi di teoria quantistica dei campi Interazioni deboli nel modello corrente-corrente e confronto con gli esperimenti Teorie di Gauge e meccanismo di Higgs Modello GWS delle interazioni elettro-deboli Predizioni a livello albero e misure sperimentali Correzioni radiative e rinormalizzazione Verifiche sperimentali del Modello Standard ai collisori e ⁺ e ⁻ Fisica del Bosone di Higgs Cromodinamica Quantistica e principali misure sperimentali Violazione di CP, T e CPT. Matrice Cabibbo-Kobayashi-Maskawa Fisica del sapore. Oscillazioni, massa e natura dei neutrini Introduzione ai modelli di Grande Unificazione e supersimmetria		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: 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.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale		

16 - Insegnamento COMPLEMENTI DI MECCANICA STATISTICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso ha carattere monografico: in esso vengono trattati argomenti moderni di meccanica statistica, tenendo anche in conto gli orientamenti e gli interessi degli studenti. In generale esso fornisce un complemento ai contenuti fondamentali del corso di Meccanica Statistica.		
Programma sintetico: Rinormalizzazione nello spazio k . Fenomeni dinamici: Sistemi vicini all'equilibrio. Ipotesi di regressione di Onsager. Cinetica chimica. Diffusione e relazione di Einstein. Funzioni di risposta. Teorema di fluttuazione-dissipazione. Dissipazione. Relazioni di fluttuazione. Sistemi complessi. Polimeri lineari in soluzione. Percolazione. Gruppo di rinormalizzazione per la percolazione. Frattali e multifrattali. Reti neurali. Fenomeni stocastici. Studio delle correlazioni col metodo DFA (Detrended Fluctuation Analysis) e delle probabilità condizionate.		
Esami propedeutici: Elettrodinamica classica, Meccanica Quantistica, Meccanica Statistica.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

17 - Insegnamento: COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI PER LA FISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	

Obiettivi formativi: Lo studente dovrà acquisire i concetti e i risultati fondamentali relativi ad alcune trasformazioni funzionali e ad alcuni argomenti della teoria delle equazioni alle derivate parziali. Lo studente dovrà acquisire i concetti e i risultati fondamentali relativi ad alcune trasformazioni funzionali e ad alcuni argomenti della teoria delle equazioni alle derivate parziali mostrando anche di essere in grado utilizzarli in contesti applicativi di Fisica Teorica e Applicata.	
Programma sintetico: Gli argomenti trattati nel corso saranno scelti tra quelli indicati di seguito: Trasformate integrali (Laplace, Mellin, Wavelets etc.) – Metodo della fase stazionaria e calcolo di integrali oscillanti – Calcolo delle Variazioni – Equazioni differenziali alle derivate parziali – Soluzioni forti e deboli – Soluzioni fondamentali – Metodo del punto sella.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Argomenti di Analisi Matematica e Metodi Matematici per la Fisica trattati nella Laurea Triennale in Fisica.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.	

18 - Insegnamento: COSMOLOGIA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02; FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Lo scopo del corso è fornire una conoscenza dettagliata della Cosmologia Relativistica e della Relatività Generale a studenti provenienti dai curricula di Astrofisica e Fisica Teorica. Le applicazioni sono rivolte ad argomenti di ricerca che potrebbero avere sviluppi nella Tesi di Laurea Magistrale o nella partecipazione a dottorati di ricerca.		
Programma sintetico : Introduzione alla Relatività Generale. Principio di Equivalenza. Le teorie metriche della gravitazione. Simboli di Christoffel. Equazione delle geodetiche. Calcolo tensoriale. Tensori di Riemann e di Ricci. Deviazione geodetica. Principio variazionale di Hilbert. Equazioni di Einstein. Leggi di conservazione. Equazione di Killing. Soluzione di Schwarzschild. Raggio di Schwarzschild e cenni sui buchi neri. Principio cosmologico. Metrica di Friedmann-Robertson-Walker. Legge di Hubble. Redshift . Parametro di decelerazione. Modello standard: equazioni di Friedmann, universi chiusi e aperti. Cande standard e orologi cosmici. Scala delle distanze cosmologiche. Indicatori di distanza primari, secondari e terziari. Lookback time . Fattori di bias e correzioni osservative. Stime e metodi di stima dell'età dell'Universo. Storia termica dell'Universo. Radiazione cosmica di fondo (CMBR). Nucleosintesi: frazione barionica e abbondanza di H e He. Materia oscura. Proprietà di clustering dell'Universo. Funzione di correlazione delle galassie e degli ammassi di galassie. Struttura a larga scala e cenni sulle principali survey di galassie, quasar e ammassi di galassie. Formazione di strutture: teoria di Jeans delle perturbazioni in un fluido statico. Cenni sul problema della distribuzione iniziale: spettro di Harrison-Zel'dovich. Energia oscura e costante cosmologica Λ : universo statico. Λ come energia del vuoto. Campo scalare e inflazione: problemi del modello standard e quintessenza. Espansione esponenziale o power law. Potenziale quadratico: reheating e soluzione del problema dell'entropia. Anisotropia della CMBR. Sviluppo in armoniche sferiche. Il modello inflazionario. La Quantum Cosmology.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Relatività Speciale, Elettromagnetismo Classico, Meccanica Analitica, Meccanica Quantistica (a livello triennale)		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale con con discussione di elaborato progettuale.		

19 - Insegnamento: DIDATTICA DELLA FISICA I		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/08		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
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.		

Programma sintetico: Toccano in modo trasversale molti argomenti di fisica classica e moderna nel corso si analizzano: - libri di testo e divulgativi; - proposte innovative e materiali didattici basati su simulazioni, animazioni ed esperimenti in tempo reale con l'uso di sensori e sistemi automatici; - contributi significativi nel campo pedagogico, storico ed epistemologico; - esperienze e proposte didattiche dei musei scientifici. In laboratorio si realizzano esperimenti con dimostrazioni interattive e misure curando la ricerca di relazioni tra grandezze, la costruzione di modelli e le strategie per argomentare su ipotesi e teorie. Contenuti: - la ricerca in didattica della fisica, metodi qualitativi e quantitativi, relazioni con epistemologia e pedagogia. Sviluppo della ricerca dallo studio sulle rappresentazioni mentali degli studenti alle strategie che tendono a valorizzare esperienze e conoscenze pregresse. Stato dell'arte e problemi aperti; - i contesti formali e informali nell'apprendimento della fisica e della matematica; - analisi di proposte per lo studio della relatività e della meccanica quantistica; - esperimenti in dinamica, termodinamica, ottica, onde ed elettromagnetismo con apparati sperimentali e con l'ausilio di sensori in linea con il computer; - esperimento sull'interferenza con le onde sull'acqua, con la luce, con le microonde e con gli elettroni (video); - esperimento con l'interferometro di Michelson con la luce e le microonde; - esperimento sull'analisi di spettri di emissione continui e a righe; - esperimento sull'effetto fotoelettrico; - risorse e opportunità offerte dai gruppi di ricerca del Dipartimento di Fisica per lo sviluppo di materiale didattico per gli studenti e per la formazione degli insegnanti.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Corsi di fisica generale e di laboratorio	
Modalità di accertamento del profitto: Esame incentrato sulla discussione di un progetto scritto.	

20 - Insegnamento: DIDATTICA DELLA FISICA II		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/08		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso consentirà di acquisire conoscenze e competenze di didattica disciplinare al di fuori del contesto della fisica classica, con particolare rilievo dato all'approccio multidimensionale (fatti, abilità, concettualizzazione), al ruolo delle attuali pratiche scientifiche (la fisica sperimentale, dai piccoli ai grandi laboratori) e della multidisciplinarietà (rapporti con le altre scienze naturali e con le scienze umane). Gli studenti approfondiranno il quadro teorico delle “learning progression”, con applicazioni alla relatività ristretta e alla meccanica quantistica. Per tutti i temi è prevista una forte componente di pratica esercitativa. Parte del corso è sviluppata in laboratorio.		
Programma sintetico: I. Richiami alla presentazione della fisica in diversi contesti didattici: storico, motivazionale, esplorativo; basato su esperimenti emblematici, basato su esperimenti di pensiero; induttivo, abduttivo, deduttivo; orientato alla descrizione della fenomenologia, allo sviluppo di competenze, alla concettualizzazione. Le esercitazioni su questo tema includeranno il progetto di un percorso didattico in contesto prefissato e rispondente a certe linee-guida predefinite (1 CFU) II. Le idee degli studenti e i nodi concettuali con riferimento ai seguenti temi: (5 CFU): relatività ristretta e generale, la luce, dalle onde EM ai fotoni, l'atomo e la struttura della materia, la meccanica quantistica di una o più particelle, la fisica del nucleo e delle particelle elementari e l'astrofisica. Le esercitazioni su questi temi riguarderanno la realizzazione di esperimenti di interesse didattico, la formulazione di test, l'elaborazione di concept inventories, l'analisi ragionata sugli approcci didattici di manuali diversi e lo sviluppo di schede didattiche o di una teaching-learning sequences. III. Elementi di linguaggio e comunicazione della fisica (2 CFU). Le esercitazioni riguarderanno l'esposizione in vari contesti: dalla didattica frontale a quella interattiva, l'esposizione seminariale, la scrittura di un testo scientifico.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame incentrato sulla discussione di un progetto scritto.		

21 - Insegnamento: DIDATTICA DELLA MATEMATICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: MAT/04		CFU: 8
Tipologia attività formativa: A scelta – Affine e integrativo	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: L'obiettivo del corso é la rielaborazione delle conoscenze matematiche di base alla luce delle problematiche di insegnamento e di apprendimento della disciplina nelle scuole. Interpretazione della produzione degli studenti in problemi matematici. Costruire nuovi e stimolanti percorsi didattici per l'apprendimento della matematica nella scuola secondaria (o di altro livello).		

Programma sintetico: Analisi delle linee guida, nazionali e internazionali, sulla “matematica da insegnare”. Principali quadri teorici sviluppati in didattica della matematica per la progettazione e sviluppo di attività di insegnamento. Studio del modello di mediazione semiotica e del ruolo dei segni nell'apprendimento matematico (Vygotskij , Duval, Radford). Il ruolo della discussione matematica, delle tecnologie e dei linguaggi e la loro gestione da parte dell'insegnante nelle dinamiche di insegnamento e apprendimento della matematica (Sfard, Ferrari). Didattica dell'algebra elementare: la nozione di symbol sense (Arcavi); concezioni operazionali e strutturali in matematica (Sfard); il gap aritmetica-algebra (MasonRadford). Didattica dell'analisi elementare: storia ed epistemologia del concetto di funzione; sua natura di processo e oggetto (Sfard); le radici cognitive di alcuni concetti dell'analisi e loro relazione con le definizioni (Vinner e Tall). Progettazione e sviluppo di metodologie di insegnamento, costruzione di attività e di un curriculum matematico. studio dei processi di apprendimento mediante uso delle tecnologie: potenzialità e criticità.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale	

22 - Insegnamento: DOSIMETRIA DELLE RADIAZIONI	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà i concetti di dosimetria delle radiazioni ionizzanti e non, in riferimento alle esposizioni dell'uomo sulla terra, nello spazio e in ambito clinico. Inoltre sarà capace di comprendere i principi alla base del funzionamento dei dosimetri. Lo studente imparerà ad utilizzare tecniche di dosimetria delle radiazioni ionizzanti utilizzate in ambito terrestre, spaziale e clinico.	
Programma sintetico: Grandezze radioprotezionistiche di base Concetti di dose impegnata, collettiva Normativa relativa alla protezione dalle radiazioni ionizzanti Normativa relativa alla protezione delle radiazioni non ionizzanti Dosimetria di fotoni, particelle cariche e neutroni Dosimetri attivi Dosimetri passivi Dosimetria in ambito terrestre Dosimetria in ambito spaziale Dosimetria in ambito clinico	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Lo studente deve avere già acquisito le nozioni di fisica alla base delle interazioni radiazioni materia, nonché il principio di funzionamento dei rivelatori di radiazioni, sia attivi che passivi. Inoltre deve conoscere i meccanismi di induzione del danno indotto dalle radiazioni sia ionizzanti che non sull'uomo.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.	

23 - Insegnamento: ELETTR DINAMICA CLASSICA	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03	CFU: 9
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Elettrodinamica nel vuoto e nei mezzi materiali. Relatività ristretta e formalismo covariante per particelle e campi classici. Formulazione variazionale delle equazioni di Maxwell-Lorentz. Problema di Cauchy per le equazioni dell'elettrodinamica nel vuoto e nei mezzi materiali. Soluzioni generalizzate. Metodo della funzione di Green. Uso del calcolo tensoriale. Metodo della fase stazionaria.	

Programma sintetico:	
1. Teoria della Relatività. Principi, fondamenti, elementi di meccanica relativistica.	
2. Le equazioni fondamentali dell'Elettrodinamica. La formulazione covariante. Cariche in campo elettromagnetico esterno.	
3. Il metodo variazionale in teoria di campo.	
4. Il metodo variazionale in Elettrodinamica. Le equazioni del campo elettromagnetico.	
5. Le onde elettromagnetiche. Formula di Kirchhoff e metodo della discesa.	
6. La generazione dei campi elettromagnetici.	
7. I campi di Lienard-Wiechert. L'irraggiamento.	
8. Le equazioni di Maxwell macroscopiche. Propagazione delle onde elettromagnetiche nei mezzi dispersivi. Pacchetti d'onde. Riflessione e rifrazione.	
9. Campi quasi statici ed effetto pelle. L'energia del campo nei mezzi dispersivi. Relazioni di Kramers-Krönig. Caratteristiche della funzione dielettrica in funzione della frequenza per dielettrici e metalli. Modello di Drude. Riflettività dei plasmi e dei metalli.	
10. L'impedenza superficiale dei metalli. Oscillazioni elettromagnetiche nelle cavità risonanti. Guide d'onda.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Elettromagnetismo, Fisica moderna, Metodi Matematici della Fisica	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.	

24 - Insegnamento: ELETTRONICA DIGITALE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Sviluppo di capacità autonoma di comprensione di testi specializzati e articoli di ricerca nel settore Conoscenza delle principali tecniche di analisi e sintesi di circuiti digitali Conoscenza dei principali building-block digitali (contatori, shift-register, LFSR, logiche programmabili) Conoscenza di tecniche avanzate di analisi dei circuiti digitali basate sullo sviluppo di Shannon Analisi di Fault Coverage, Ridondanza e Minimizzazione di circuiti combinatori. Comprensione delle principali figure di merito dei dispositivi digitali integrati. Capacità di analisi delle prestazioni timing di circuiti digitali e delle tecniche di recupero da condizioni di errore. Progettazione di Automi a Stati Finiti per applicazioni ad alte prestazioni, con caratteristiche di auto-inizializzazione. Progettazione di sistemi digitali complessi per applicazioni scientifiche ed applicate		
Programma sintetico (sillabo): 1- Switching Algebra 2- Analisi di circuiti combinatoriali e tecniche di minimizzazione 3- Azzardi 4- Sintesi di circuiti combinatoriali 5- Dispositivi Logici Programmabili 6- Cenni di Fault Coverage 7- Espansioni di Shannon, Davio, Taylor 8- Latches e Flip-Flop 9- Distribuzione del clock, Pipelining e Timing Analysis 10- Analisi e Sintesi di circuiti sequenziali 11- Automi a Stati Finiti 12- Contatori e Linear Feedback Shift Registers		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenza di base di elementi di elettronica digitale e analogica		
Modalità di accertamento del profitto: Esame oral.		

25 - Insegnamento: ELETTRONICA MUSICALE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro(specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire le basi dell'acustica fisica, con particolare riferimento all'acustica nel campo musicale. Fornire complementi di elettronica analogica e i fondamenti dei sistemi di processamento digitale dei suoni, con stretto riferimento ad applicazioni in campo musicale. Mettere in grado lo studente di progettare, dal loro concepimento fino alla realizzazione pratica, sistemi analogico-digitali per la generazione, il processing e la riproduzione dei suoni.		

Programma sintetico

1. Principi di acustica. Produzione e propagazione dei suoni. Energia acustica. L'orecchio umano e la percezione dei suoni. Cenni di psicoacustica.
2. La fisica della produzione dei suoni da parte degli strumenti musicali tradizionali ed elettronici.
3. Sistemi di cattura, registrazione e conservazione dei suoni. Tipologie di trasduttori. Preamplificazione, filtraggio, fase, somma (mixing) dei segnali. Supporti classici in vinile, a nastro magnetico, supporto ottico compatto (CD) e loro funzionamento. Musica liquida.
4. Riflessione e rifrazione dei suoni. Architettura delle sale di registrazione, auditorium e sale d'ascolto. Sistemi di schermaggio e riflessione dei suoni.
5. La musica nel dominio elettronico: segnali, frequenza, analisi nel tempo ed in frequenza. Analisi armonica e trasformata. Complementi sulle reti lineari e analisi nel dominio trasformato. Reti a singola costante di tempo. Le scale musicali e la loro relazione con la frequenza.
6. L'amplificatore operativo come elemento chiave per applicazioni universali analogiche in campo musicale.
7. Filtri analogici attivi. Teoria di Butterworth e topologie di filtri. Filtri di tipo Baxendall per l'HiFi. Famiglie di filtri per effetti su strumenti. L'equalizzazione statica e parametrica. L'equalizzazione RIAA e le sue norme.
8. Amplificazione e stabilità. Amplificatori reazionati. Teoria di Nyquist e compensazioni. Instabilità, circuiti oscillanti e generatori di forme d'onda.
9. Amplificazione in potenza. Classi dei finali di potenza. Configurazioni a transistor, a MOS, a tubi a vuoto. Amplificatori "digitali" in classe D.
10. Diffusione acustica: altoparlanti e carico acustico. Gli equivalenti elettrici dei carichi acustici. Filtri cross-over. Progettazione e costruzione di diffusori acustici.
11. Sintesi elettronica dei suoni: sintesi additiva, sottrattiva, a modulazione di frequenza. Polifonia e politimbrica. Famiglie di sintetizzatori analogici.
12. Tecniche per la lettura dell'input da tastiera. Tastiere multi contatto, a trigger individuale, a scansione di matrice. Tastiere dinamiche.
13. Sintesi digitale dei suoni: suoni campionati, FM digitale. Processamento digitale dei suoni (DSP).

Laboratorio: tecniche per la progettazione, simulazione e sviluppo di circuiti. Realizzazione di parti circuitali per apparati acustici e musicali.

Esami propedeutici:**Prerequisiti:**

Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.

26 - Insegnamento: EVOLUZIONE STELLARE

Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05

CFU: 8

Tipologia attività formativa:

Altro (specificare):

Obiettivi formativi:

Questo insegnamento consentirà ai discenti di conseguire adeguate conoscenze sulla struttura e l'evoluzione stellare in funzione dei parametri iniziali e di comprendere le implicazioni per problemi astrofisici ad ampio spettro.

I discenti saranno in grado di applicare le conoscenze acquisite alla discussione e interpretazione di problematiche aperte dell'astrofisica stellare mediante approfondimento di articoli scientifici ed esposizione di una tesina.

Programma sintetico:

Il corso si articolerà nei seguenti argomenti:

Richiamo alle 5 equazioni della struttura stellare e loro soluzione con metodi numerici. Ruolo degli ingredienti fisici e dei processi fisici non standard.

Meccanismi di formazione e prima evoluzione stellare. La fase di combustione dell'idrogeno in funzione della massa iniziale.

L'esaurimento dell'idrogeno centrale e la fase di post sequenza principale. Il ramo delle giganti rosse, il primo dredge up e l'innesco dell'elio in funzione della massa iniziale.

La fase di combustione centrale dell'elio: il ramo orizzontale e il blue loop.

Il ramo asintotico delle giganti al variare della massa. Il secondo e il terzo dredge up.

Le fasi di nebulosa planetaria e nana bianca.

Le fasi evolutive avanzate delle stelle massicce e l'esplosione di supernova. I resti di supernova.

Collegamento tra evoluzione finale di oggetti massicci e onde gravitazionali.

Le popolazioni stellari. Gli ammassi stellari come laboratorio dell'evoluzione stellare. Le popolazioni multiple degli ammassi globulari.

La terza dimensione del diagramma HR: i conteggi stellari.

La quarta dimensione del diagramma HR: la pulsazione stellare.

Frontiere osservative e teoriche dell'evoluzione stellare.

Esami propedeutici:

Prerequisiti: Conoscenze base di astrofisica e fisica stellare. Il diagramma colore-magnitudine.
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato.

27 - Insegnamento: FILOSOFIA DELLA CONOSCENZA SCIENTIFICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: M-FIL/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: L'insegnamento mette a tema le coordinate teoriche e concettuali della conoscenza scientifica, con particolare riguardo a quella che, almeno per gran parte della modernità, vale come “scienza paradigmatica”: la Fisica, che per molti versi è anche la più filosofica tra le scienze positive. Tale delimitazione dell'ambito tematico è compensata dall'ampliamento dei punti di vista a partire dai quali lo si prende in considerazione: non solo in chiave strettamente epistemologica, ma anche gnoseologica, metodologica, di storia delle idee, etica, ontologica e complessivamente teoretica.		
Programma sintetico: Analisi e definizione del concetto di scienza, di scienza positiva e di scienza della natura (in questo contesto il problema kantiano della demarcazione, elevato da Popper a questione cardine dell'epistemologia, viene integrato con elementi di ontologia degli enti fisici e di quelli teorici). Indagine intorno al significato del concetto di empiria (e ai mutamenti di tale significato: dall'esigenza platonica di “salvare i fenomeni” allo statuto dell'esperimento nella fisica moderna, passando per l'empirismo classico e il problema dell'esperienza nella filosofia kantiana e post-kantiana). Il problema dell'induzione viene qui integrato con analisi storico-concettuali circa i rapporti tra modello teorico ed osservazione (per esempio, l'analisi del passaggio dall'esigenza metodologica di purificare il fenomeno alla sua integrale produzione tecnica). In tale contesto si innesta poi naturalmente la messa a tema dello statuto delle scienze fisiche osservative (innanzitutto della cosmologia). Chiarificazione teorica dei concetti di riduzionismo, determinismo e legalità. Elementi di metrica e di metronomia, unitamente all'analisi della loro ricaduta sulla comprensione della natura dell'oggetto fisico (Planck) e sulla definizione di concetti portanti quali spazio e tempo (Einstein) e causalità (Heisenberg). In riferimento alla fisica contemporanea, l'argomento ricomprende i temi dello statuto epistemologico della statistica e le questioni legate all'analisi dei dati. Analisi dei nessi tra assiomatizzazione, formalismo logico-matematico, linguaggio simbolico e linguaggio naturale. Descrizione dei “mutamenti nelle basi della scienza” (Heisenberg) nel passaggio dalla cinematica galileiana alla fisica classica, termodinamica, elettromagnetismo, relatività, quantistica e ai più recenti tentativi di sintesi (p.e. la Quantum-Gravity). Cenni di etica della ricerca scientifica: problema della responsabilità del ricercatore, messa a tema dei rapporti tra impresa scientifica ed apparato economico-politico, del difficile equilibrio tra libertà e vincoli della ricerca, tra l'idea regolativa della conoscenza pura e il rischio della sua delimitazione e messa a servizio per scopi tecnico-operativi eterogenei (militari, industriali, di controllo sociale...). I singoli temi, di volta in volta organizzati e coordinati in funzione del programma monografico specifico dei vari corsi annuali – il che naturalmente comporterà la messa in primo piano di alcuni di essi rispetto ad altri –, verranno affrontati in chiave introduttiva, senza particolari tecnicismi che richiedano conoscenze specifiche di filosofia (sommariamente integrabili nei corsi). E questo nell'intento di fornire un inquadramento generale, a partire dal quale gli studenti possano maturare un'idea più organica circa mezzi, scopi e senso dell'impresa scientifica.		
Esami propedeutici:.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

28 - Insegnamento: FISICA ASTROPARTICELLARE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso intende presentare una descrizione delle problematiche scientifiche della Fisica Astroparticellare. Lo scopo è fornire le conoscenze atte a sviluppare la capacità di comprensione sulle specifiche tecniche adottate per il loro studio sperimentale. Il corso intende fornire conoscenze dei temi di base della Fisica Astroparticellare, con particolare attenzione alle problematiche sperimentali, allo sviluppo di nuove tecniche ed applicazione di rivelatori innovativi.		

Programma sintetico (sillabo):	
1 - La Fisica astroparticellare in Italia e nel mondo	
2 - Evidenze evolutive nell'Universo: Cenni di astronomia e di evoluzione Stellare, le proprietà della galassia, Nuclei galattici attivi	
3 - Elementi di Cosmologia: Le basi sperimentali: la legge di Hubble e la radiazione cosmica di fondo, Fondamenti teorici, Derivazione newtoniana delle equazioni di Friedmann, Il Modello Standard della Cosmologia	
4 - La materia oscura: Evidenze osservative della materia oscura, I modelli di Hot Dark Matter e Cold Dark Matter, le WIMPS, Situazione sperimentale sulla rivelazione diretta e indiretta	
5 - Le onde gravitazionali: Basi teoriche, Osservazioni	
6 - I Raggi Cosmici: Caratteristiche osservative dei Raggi Cosmici, Sciami atmosferici estesi, Accelerazione e propagazione, Il meccanismo di Fermi, le sorgenti, Il cielo nel gamma: gamma ray bursts e la ricerca di sorgenti, Panorama sperimentale: esperimenti a terra e nello spazio.	
7 - Neutrini Astrofisici: Neutrini solari, Neutrini di alta energia	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Elementi di Fisica delle particelle (concetto di scattering e sezione d'urto, nozioni di base sulle interazioni fondamentali), relatività ristretta (trasformazioni di Lorentz e relazioni energia-impulso-massa)	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale	

29 - Insegnamento: FISICA ASTROPARTICELLARE TEORICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi : Conoscenza e comprensione del modello cosmologico standard, della connessione tra la fisica fondamentale e la cosmologia e di alcune delle principali applicazioni della fisica delle particelle all'astrofisica e alla cosmologia. Sviluppo della capacità di comprendere e padroneggiare metodi matematici opportuni nella risoluzione di problemi complessi. Capacità di svolgere calcoli inerenti allo studio dell'evoluzione dell'Universo e del comportamento delle particelle elementari nel contesto dell'universo.		
Programma sintetico: Cenni di Relatività Generale. Cosmologia Standard. Termodinamica dell'universo in espansione. Processi fuori equilibrio (equazione di Boltzmann). Fenomeni di non equilibrio: bariogenesi, nucleosintesi primordiale, ricombinazione. Materia oscura ed energia oscura. Inflazione come soluzione ai problemi della cosmologia standard. Teoria delle perturbazioni cosmologiche. Radiazione Cosmica di Fondo (CBR) e Strutture su Larga Scala (LSS). Determinazione dei parametri cosmologici. Generalità sui raggi cosmici: produzione, accelerazione e trasporto nell'universo. Teoria degli sciami atmosferici. Tecniche di rivelazione ed esperimenti sui raggi cosmici.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: E' consigliata la conoscenza delle tematiche acquisite nei corsi di Relatività generale, Teoria delle interazioni fondamentali, Teoria quantistica dei campi.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

30 - Insegnamento: FISICA DEI NUCLEI ESOTICI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/04		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso analizza su base fenomenologica i principali fenomeni fisici peculiari dei nuclei esotici. Sono discusse: le metodologie per la produzione, selezione e applicazione di fasci di nuclei esotici; la struttura dei nuclei esotici ed i meccanismi delle reazioni; il loro ruolo nei processi di nucleosintesi ed evoluzione stellare. Alla fine del corso lo studente acquisirà conoscenza e capacità di comprensione delle ricerche sui nuclei esotici e le loro applicazioni.		
Programma sintetico: Introduzione: La fisica degli ioni esotici. Richiamo dei concetti fondamentali sulle reazioni nucleari in cinematica diretta ed inversa. Il potenziale nucleare complesso e la sezione d'urto di diffusione e di reazione. <i>Prima parte:</i> Nuclei stabili e nuclei esotici. Metodologie per la produzione di fasci di ioni esotici. Separatori di massa e sistemi di trasporto dei fasci esotici, ottica dei fasci e trappole ioniche. Energia di legame, distribuzione di massa e di carica. Formule di massa e drip lines. Nuclei oltre le drip lines. <i>Seconda parte:</i> Reazioni nucleari con ioni esotici leggeri. Diffusione elastica, reazioni di breakup, reazioni di stripping e reazioni di fusione. Apparat sperimentali. La struttura dei nuclei esotici. Nucleoni di valenza. Struttura ad alone ed a pelle. Eccitazione di risonanze (PDR,Soft). Funzione d'onda dei nucleoni di valenza. Distribuzioni di momento lineare. <i>Terza parte:</i> Nuclei esotici ed astrofisica nucleare. Misure di interesse astrofisico con ioni esotici. Metodi di misura diretta ed indiretta.		

Esami propedeutici:
Prerequisiti: Conoscenza di base della fisica sperimentale e trattazione dati. Conoscenza di base della teorica quantistica. Conoscenza di base della fisica nucleare.
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.

31 - Insegnamento: FISICA DEI PLASMI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Acquisizione della conoscenza di base della fisica dei plasmi (FP); comprensione della natura interdisciplinare della FP; acquisizione delle metodologie fisiche che consentono la descrizione cinetica e fluida del plasma ed ivi della propagazione delle onde elettromagnetiche (modi puramente elettrostatici, puramente elettromagnetici e ibridi); acquisizione della capacità di analizzare le proprietà di un plasma (stabilità e instabilità) attraverso la conoscenza delle relazioni di dispersione. Acquisizione di una piattaforma comune di applicazioni basate sull'interazione radiazione-plasma e/o sull'interazione fasci di particelle cariche-plasma che permettono la descrizione di importanti processi in astrofisica, nella fisica della fusione termonucleare controllata e nella fisica dell'accelerazione delle particelle cariche.		
Programma sintetico: Nozioni introduttive sui plasmi: il plasma come quarto stato della materia, i parametri fondamentali del plasma: dai plasmi astrofisici e dello spazio a quelli di laboratorio. Elementi di fisica dei processi elettromagnetici classici e quantistici associati al moto di particelle cariche nei plasmi: teoria delle orbite, accelerazione di Fermi, interazione radiazione-plasma, interazioni onda-particella e onda-onda. Teoria cinetica per un gas neutro e per un plasma: equazione del trasporto di Boltzmann per un sistema di particelle neutre e sue applicazioni; equazione di Vlasov per un plasma a più componenti (sistema di Vlasov-Maxwell) e sue applicazioni (oscillazioni di plasma e smorzamento di Landau). Teoria fluida di un plasma a più componenti: oscillazioni e onde nei plasmi in regime lineare (propagazione obliqua, modi di alta e bassa frequenza, modi ibridi di alta e bassa frequenza, birifrangenza di plasmi magneto-attivi). Teoria fluida di un plasma ad una sola componente (teoria magnetoidrodinamica): applicazioni all'astrofisica e alla fusione a confinamento magnetico: onde magnetoidrodinamiche in regime diffusivo e in regime convettivo. Meccanismi di generazione di elevati campi elettrici e magnetici nei plasmi: applicazioni alla fusione inerziale, all'accelerazione delle particelle cariche e all'astrofisica e alla fisica dello spazio. Processi di instabilità parametrica nei plasmi (applicazioni all'astrofisica e ai plasmi di laboratorio): processi a tre e quattro onde (instabilità modulazionale).		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Fisica Generale (Meccanica, Termodinamica, Elettromagnetismo).		
Modalità di accertamento del profitto: Discussione di un elaborato progettuale.		

32 - Insegnamento: FISICA DEI PLASMI ASTROFISICI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire una conoscenza avanzata della fisica dei plasmi utile alla descrizione della materia astrofisica; mostrare l'importante ruolo dell'analisi della radiazione elettromagnetica emessa dagli astrofisici e rivelata dalla Terra o da laboratori spaziali per estrarre le proprietà di questi stessi ; permettere l'acquisizione delle metodologie fisiche che consentono la descrizione cinetica e fluida dei plasmi astrofisici.		

Programma sintetico:	
Nozioni introduttive sui plasmi astrofisici: esempi di plasmi astrofisici nelle diverse condizioni di densità e temperature (ad es.: ionosfera, atmosfera solare o stellare, vento solare, comete, raggi cosmici, mezzo interstellare, jet in galassie attive, pulsar e loro magnetosfera, disco di accrescimento stellare).	
Trasporto radiativo nei plasmi astrofisici: processi classici e quantistici di emissione e assorbimento; equazione generale del trasporto radiativo, opacità degli interni stellari, equazione di Kompaneets, effetto Sunyaev-Zeldovich.	
Teoria cinetica in regime multi-collisionale: l'equazione di Fokker-Planck e sua applicazione in presenza di collisioni coulombiane.	
Teoria fluida delle microinstabilità: approccio generale in teoria fluida per lo studio dell'instabilità a due o più correnti.	
Teoria cinetica della stabilità lineare: problema ai valori iniziali di Landau per il sistema di Vlasov-Poisson (approccio alla Nyquist, criteri di stabilità), instabilità di "bump-on-tail".	
Teoria della turbolenza debole (teoria quasi-lineare): processi di emissione del plasma (emissione e assorbimento Cherenkov, smorzamento di Landau non lineare).	
Onde d'urto e vento solare: interazione del vento solare con la Terra.	
Instabilità magnetoidrodinamiche e riconnessione magnetica: instabilità a salsiccia, instabilità "kink", instabilità di Kelvin-Helmholtz; riconnessione resistiva e riconnessione non collisionale, modi "tearing".	
Instabilità non lineare e turbolenza forte nei plasmi astrofisici: instabilità parametrica, equazioni di Zakharov e turbolenza forte di Langmuir.	
Esami propedeutici: Fisica dei Plasmi	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.	

33 - Insegnamento: FISICA DELLA MATERIA MOLLE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Acquisizione di conoscenze nella fisica della “soft-matter”: liquidi, polimeri, cristalli liquidi, colloidali, gel, schiume, materia biologica. Meccanismi e modelli interpretativi dei fenomeni osservati nella soft matter, sia fenomenologici sia, soprattutto, sulla base della meccanica statistica. Incentivazione a complementare immediatamente le conoscenze apprese durante il corso con le possibili applicazioni e/o tecnologie applicative, soprattutto per mezzo di indagine individuale della letteratura scientifico/tecnica.		
Programma sintetico: 1. Introduzione. Caratteristiche generali della soft matter. 2. Forze, energie e scale dei tempi nella materia condensata. 3. Transizioni di fase. 4. Dispersioni colloidali. 5. Polimeri. 6. Ordine molecolare nella soft matter I: i cristalli liquidi. 7. Ordine molecolare nella soft matter II: la cristallinità nei polimeri. Applicazioni. 8. Esempi in campo biologico. Ordine sopra-molecolare: autoorganizzazione e nanostrutturazione. Scale dei tempi in biologia 9. Sistemi modello. Equilibrio meccanico e chimico nella cellula vivente. Regole entropiche. 10. Elettrostatica delle soluzioni saline.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Aver seguito il corso di Meccanica Statistica o comunque possederne le conoscenze di base.		
Modalità di accertamento del profitto: L’esame consiste in tre presentazioni orali, con il supporto di diapositive in Power Point, effettuate durante e subito dopo il termine del corso. Gli studenti sono incoraggiati a presentare dei lavori semi-autonomi sulla base degli argomenti trattati a lezione e ad approfondirli in qualche specifico dettaglio. La partecipazione di tutti gli studenti ad ogni presentazione individuale è parte integrante del corso e quindi obbligatoria. Il punteggio finale d’esame sarà determinato dalla media pesata dei punteggi ottenuti per le tre presentazioni.		

34 - Insegnamento: FISICA DELLA RADIAZIONE COSMICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	

Obiettivi formativi:
Il corso intende illustrare diversi aspetti del campo della fisica della radiazione cosmica, allo scopo di comprenderne gli sviluppi nelle varie osservazioni, fino alle scoperte più recenti. Durante il corso si metteranno in evidenza gli sviluppi nelle tecniche sperimentali per le varie osservazioni della radiazione cosmica, anche guardando a future applicazioni per le ricerche in questo campo.
Programma sintetico:
Raggi cosmici. Spettro dei raggi cosmici. Anisotropia dei raggi cosmici. Composizione dei raggi cosmici. Raggi cosmici di altissima energia. Il cutoff Greisen-Zatsepin-Kuzmin. Sorgenti di raggi gamma. Neutrini astrofisici. Onde gravitazionali. Astrofisica multimessaggero.
Esami propedeutici:
Prerequisiti:
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale

35 - Insegnamento: FISICA DELLA TERRA E DELL'ATMOSFERA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS06		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro	
Obiettivi Formativi: Acquisire metodi e strumenti matematici (analitici e numerici) per la caratterizzazione della struttura interna della terra e della sua dinamica, utilizzare metodi inversi avanzati per l'interpretazione delle osservazioni geofisiche a scala globale, definire modelli di struttura e dinamica della terra e dell'atmosfera ottenuti combinando informazioni provenienti da diverse discipline geofisiche. Acquisire metodi e strumenti (analitici e numerici) per la soluzione di problemi realistici in geofisica, acquisire abilità nella definizione di strategie per risolvere problemi applicati di geofisica.		
Contenuti: Sismologia: Fondamenti di elasticità, cinematica e dinamica dei sistemi continui, equazione dell'elastodinamica e soluzioni, teoria del raggio, onde alle interfacce, modelli di terra 1D e caratterizzazione delle interfacce principali, onde di superficie e dispersione, tomografia a scala globale del mantello, oscillazioni libere della Terra, diagrammi w-l, discontinuità CMB e proprietà del nucleo. Calore: Equazione della conduzione del calore di Fourier, misure del flusso di calore sulla superficie terrestre, calore radiogenico, equazione della conduzione dipendente dal tempo, equazioni fondamentali per la convezione, condizioni per la convezione, analisi di stabilità lineare per l'inizio della convezione, numero di Rayleigh, geoterme nella crosta e nel mantello. Campo Magnetico Terrestre: Misure di campo magnetico terrestre, campo magnetico superficiale e paleomagnetismo, variazioni temporali del campo magnetico, il campo magnetico profondo, equazione dell'induzione, flusso congelato, dinamo cinematiche, teoria del campo medio, dinamo sperimentali, modelli numerici di dinamo dinamiche: cilindro tangente e cartridge belts. Fisica dell'atmosfera: Modelli semplificati di atmosfera, termodinamica dell'atmosfera, variazione della pressione con la quota. DALR, frequenza di Brunt-Vaisala, vapore acqueo e SALR, stabilità dell'aria, dinamica dell'atmosfera, venti geostrofici, venti termici, onde di Rossby, modelli di circolazione globale. Metodi numerici: Rappresentazioni degli operatori differenziali alle differenze finite, condizione di stabilità dell'equazione d'onda, griglie sfalsate e operatori differenziali centrati del secondo e quarto ordine, soluzioni dell'equazione dell'elastodinamica 2D P-SV in geometria cartesiana, condizioni di superficie libera, sismogrammi sintetici.		
Propedeuticità: Soluzioni di equazioni differenziali alle derivate parziali, teoria di Sturm-Liouville, elementi di meccanica ondulatoria, principi di meccanica del continuo, equazioni di Maxwell, utilizzo del software Matlab.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.		

36 - Insegnamento: FISICA DELLE BASSE TEMPERATURE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Criogenia. Terzo principio della termodinamica. Elio liquido 4 (bosonico) e 3(fermionico) e atomi freddi: transizione lambda alla superfluidita'. Transizione di fase dei metalli alla superconduttivita' . Elettrodinamica della superconduttivita'. Teoria BCS della superconduttivita'. Effetto Hall quantistico intero e frazionario.Funzione d'onda a multicorpi. Trasporto quantistico in nanodispositivi. Il qubit a superconduttore per l'informazione quantistica. Cenni sugli isolanti topologici e stati topologicamente protetti per la spintronica. Statistiche quantistiche, Termodinamica delle transizioni di fase. Elementi di seconda quantizzazione.		

Programma sintetico:	
Criogenia. Potenziali termodinamici per lo studio delle transizioni di fase verso liquidi quantistici. Demagnetizzazione adiabatica e refrigeratore a diluizione He3 e He4.	
Superfluidità e idrodinamica: primo e secondo suono. Vortici nell'elio 4.	
Superconduttori: quantizzazione del flusso magnetico. Elettrodinamica superconduttiva. Coppie di elettroni di Cooper. Teoria BCS dello stato quantistico superconduttore. Interazione attrattiva per la transizione superconduttiva. Vortici in campo magnetico. Trasporto in giunzioni superconduttore/metallo-normale e superconduttore/superconduttore (giunzione Josephson). Dispositivo qubit con giunzione superconduttiva.	
Effetto Hall quantistico intero e frazionario. Quantizzazione della conduttanza in una eterostruttura a semiconduttore. Funzione d'onda di Laughlin.	
Trasporto quantistico in nanostrutture. Fase di Berry nel poliacetilene e protezione topologica. Stati elettronici di bordo topologicamente protetti in Isolanti Topologici. Cenni sul loro uso per la spintronica.	
Esami propedeutici: Meccanica Statistica	
Prerequisiti: Elementi di termodinamica ed elettromagnetismo; elementi di meccanica analitica e quantistica. Il corso ha un approccio fenomenologico, ma cerca di dare strumenti di teoria per l'interpretazione dei fenomeni. Gli strumenti sono forniti in maniera autoconsistente, ma certamente Elementi di Fisica I e II, Fisica della Materia ed Istituzioni di Fisica Teorica della Laurea di primo livello sono presupposti.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale	

37 - Insegnamento: FISICA DELLE GALASSIE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Conoscenze: le leggi fisiche che determinano la struttura, la dinamica e l'evoluzione delle galassie; comprensione delle evidenze osservative della presenza di materia oscura e Capacità: costruzione di semplici modelli di galassie all'equilibrio dinamico; soluzione quantitativa di esercizi di varia difficoltà proposti a lezione. Acquisire elementi di analisi statistica bayesiana applicata a grandi cataloghi; elementi di programmazione in python (soluzione numerica di problemi). Capacità di lettura critica della letteratura contemporanea.		
Programma sintetico: Elementi di cosmologia osservativa. Introduzione alle galassie: classificazione morfologica, proprietà fondamentali, relazioni di scala. Le popolazioni stellari: diagramma colore-magnitudine, funzione di massa iniziale, la formazione stellare, le galassie starburst. I nuclei galattici attivi. Dinamica dei sistemi non collisionali: sistemi non collisionali, la funzione di distribuzione, equazione non collisionale di Boltzmann (CBE); equazioni di Jeans, teorema del Viriale (scalare e tensoriale), teoremi di Jeans. Orbite stellari, densità e potenziale sistemi sferici e leggi di Newton. Il lensing gravitazionale: basi fisiche, formalismo, fenomenologia, applicazioni. Ammassi e gruppi di galassie. Formazione ed evoluzione delle galassie. Gli aloni di materia oscura: determinazione della massa dei sistemi stellari, previsioni teoriche, confronto con le osservazioni. Le survey astronomiche (fotometriche e spettroscopiche).		
Esami propedeutici: Astrofisica		
Prerequisiti: Nozioni di astrofisica stellare, anche se le fondamentali nozioni generali di astrofisica stellare vengono introdotte nel corso quando necessario.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.		

38 - Insegnamento: FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	

Obiettivi formativi:	
- conoscere le caratteristiche delle interazioni elettromagnetica, forte e debole; - essere familiare con le conseguenze dello scambio di bosoni nella mediazione delle forze; - essere capace di usare i grafici di Feynman per descrivere le interazioni; - capire i processi di diffusione e il ruolo dei fattori di forma; - conoscere i numeri quantici delle particelle dei multipletti più bassi; - riconoscere processi proibiti e permessi per ciascuna interazione; - essere capace di impostare il calcolo e calcolare (in approssimazione di Born) sezioni d'urto e costanti di decadimento di semplici processi	
Programma sintetico:	
EQUAZIONI D'ONDA RELATIVISTICHE: equazione di Klein-Gordon, equazione di Dirac, autostati dell'elicità, autostati di chiralità.	
ELETTRODINAMICA QUANTISTICA: interazione elettromagnetica e diagrammi di Feynman, procedure e esempi di calcolo di elementi di matrice, sezioni d'urto e larghezze di decadimento.	
DIFFUSIONE PROFONDAMENTE ANELASTICA: scattering elettrone-protone, modello a partoni, funzioni di struttura, funzioni di distribuzione partoniche, scaling di Bjorken, violazione dello scaling.	
SIMMETRIE E LEGGI DI CONSERVAZIONI: coniugazione di carica, parità, inversione temporale; teorema CPT.	
MODELLO A QUARK: adroni "leggeri": isospin e SU(2), risonanze barioniche, risonanze mesoniche, particelle strane. Modello a quark degli adroni: SU(3) e quark, barioni e mesoni nel modello a quark, masse degli adroni, momenti magnetici dei barioni.	
CROMODINAMICA QUANTISTICA: colore, SU(3) di colore, gluoni e interazioni forti.	
INTERAZIONI DEBOLI: violazione della parità, elicità dei leptoni, violazione di C, teoria di Fermi, interazione V-A, bosoni vettoriali intermedi, decadimenti deboli delle particelle strane, teoria di Cabibbo, charm e meccanismo GIM, matrice CKM.	
MODELLO STANDARD: unificazione elettrodebole, modello Glashow-Weinberg-Salam, rottura spontanea della simmetria e meccanismo di Higgs. Generazione delle masse fermioniche.	
I MESONI NEUTRI K, B: decadimenti dei kaoni neutri, rigenerazione, oscillazioni di stranezza, violazione di CP.	
FISICA DEI NEUTRINI: scattering di neutrini; oscillazioni.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Conoscenze di base di meccanica quantistica e di fisica nucleare e subnucleare.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.	

39 - Insegnamento: FISICA DELLO STATO SOLIDO 1		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Conoscenza degli aspetti fondamentali di fisica dello stato solido. Descrizione fenomenologica e microscopica di metalli e semiconduttori. Analisi delle proprietà termodinamiche, dielettriche, ottiche e di trasporto di solidi.		
Programma sintetico: Fenomenologia e metodi classici. Introduzione ai solidi. Coefficienti ottici. Proprietà elastiche. Calori specifici in isolanti e metalli. Conducibilità termica e coefficiente Seebeck in metalli e non metalli. Proprietà dielettriche di isolanti e metalli. Approcci quantistici. Elettrone in potenziale periodico. Teorema di Bloch e bande elettroniche in dimensione generica. Problema a molti corpi. Approssimazione adiabatica. Approssimazione Hartree e Hartree-Fock. Modello jellium. Trasporto di carica - Semiconduttori Risposta lineare. Funzione dielettrica longitudinale e trasversa.		
Esami propedeutici: Elettrodinamica classica		
Prerequisiti: Elementi di termodinamica ed elettromagnetismo; elementi di meccanica analitica e quantistica.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

40 - Insegnamento: FISICA DELLO STATO SOLIDO 2		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	

Obiettivi: Gli studenti acquisiscono ed utilizzano metodi avanzati in Fisica della Materia Condensata, con particolare riferimento agli effetti di correlazione e ai fenomeni di trasporto. Gli studenti saranno capaci di utilizzare strumenti avanzati di Fisica della Materia Condensata (funzioni di Green, seconda quantizzazione) e di comprendere i principali esperimenti ottici e di trasporto nei sistemi mesoscopici e nanostrutturati.	
Programma sintetico (sillabo): Il confinamento quantistico e le nanostrutture: Principi del microscopio a scansione tunnel (STM), Catene atomiche unidimensionali finite: teoria ed esperimenti, Nanostrutture basate sul carbonio: grafene e nanotubi di carbonio, Proprietà ottiche delle nanostrutture. Effetti magnetici in metalli ed isolanti: Gas di elettroni bidimensionale e tridimensionale in campo magnetico, Richiami di effetto Hall Classico e cenni di effetto Hall quantistico, Magnetismo nei solidi cristallini, Ferromagnetismo di banda, Modello di campo medio per ferromagnetismo ed antiferromagnetismo, Eccitazione magnetiche, Momenti magnetici localizzati nei metalli: modello di Anderson e di Kondo, Modello di Hubbard, Transizione di Mott. Oltre l'approssimazione di particella singola: La densità come variabile: richiami del modello di Thomas-Fermi, La teoria del funzionale densità. Fenomeni di trasporto Cenni di superconduttività e teoria BCS, Trasporto balistico e quantizzazione della conduttanza, Trasporto diffusivo, ruolo del disordine, Applicazioni ai dispositivi quantistici, teoria ed esperimenti.	
Esami propedeutici: Fisica dello stato solido 1.	
Prerequisiti: Conoscenza dei temi trattati in Fisica dello Stato Solido 1 e conoscenze di base di Meccanica Statistica e seconda quantizzazione.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto.	

41 - Insegnamento: F1SICA DEL SISTEMA SOLARE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05, GEO/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire adeguate competenze per la comprensione della fisica degli interni e delle atmosfere planetarie.		
Programma sintetico: Teorie di Formazione ed evoluzione del Sistema Solare. Cenni su sistemi esoplanetari. Interazione tra Sole e Sistema Solare. Fisica delle atmosfere planetarie. Fisica delle superfici planetarie. Struttura interna planetaria. Corpi minori del sistema solare: asteroidi e comete. Esplorazione spaziale del Sistema solare, tecniche di investigazione in situ. Sample return e tecniche di analisi in laboratorio di campioni extraterrestri riportati a Terra.		
Esami propedeutici: Astrofisica		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto.		

42 - Insegnamento: FISICA MEDICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Lo studente dovrà acquisire conoscenze dei principali campi della Fisica applicata alla medicina, incluso gli aspetti fisici dell'imaging radiodiagnostico ed interventistico, dell'imaging diagnostico medico-nucleare, e della radioterapia. Lo studente alla fine del corso dovrà dimostrare di saper descrivere il funzionamento dei principali dispositivi (rivelatori, dosimetri, apparecchiature per imaging planare e tomografico, apparecchiature per radioterapia) utilizzati in fisica medica.		

Programma sintetico:	
Elementi di dosimetria delle radiazioni ionizzanti. Tubi radiogeni e caratterizzazione dei fasci di raggi X per mammografia e tomosintesi digitale del seno e radiografia digitale. Radiografia ad attenuazione e a contrasto di fase, fluoroscopia. Qualità dell'immagine in radiografia: contrasto, SNR, LSF, PSF, MTF, NPS, DQE. Imaging tomografico computerizzato a raggi X (CT). Elementi di dosimetria in radiografia e in CT e qualità dell'immagine. Dose di radiazione e rischio per la salute. Imaging di medicina nucleare con traccianti radioattivi: scintigrafia e gamma camera, tomografia ad emissione di singolo fotone (SPECT), tomografia ad emissione di positroni (PET e TOF-PET), scanner ibridi PET/CT e SPECT/CT. Principi di radioterapia con fotoni, elettroni e adroni. Elementi di imaging di risonanza magnetica (MRI).	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Conoscenza dei meccanismi d'interazione raggi X-materia (effetto fotoelettrico, effetto Compton, diffusione elastica).	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.	

43 - Insegnamento: FISICA NUCLEARE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/04		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire un quadro delle principali conoscenze acquisite nel campo della fisica nucleare a bassa energia, approfondendo i modelli nucleari e la loro verifica sperimentale, per lo studio della struttura dei nuclei e dei meccanismi di reazione. Ci si propone di sviluppare nello studente capacità di comprensione delle attuali problematiche della ricerca di base in fisica nucleare. Le conoscenze acquisite nel corso e la capacità di comprensione trovano applicazione in ambito scientifico, sia per il lavoro di tesi che per l'eventuale prosieguo di attività nella ricerca di fisica nucleare. Nel corso viene posto l'accento sulla derivazione delle relazioni fondamentali e dei modelli di fisica nucleare partendo dalla fisica classica e quantistica di base, ai fini di sviluppare un approccio efficace per poter approfondire tematiche in più campi della fisica nucleare.		
Programma sintetico: Concetti introduttivi: Leggi di conservazioni e simmetrie, spin, momento angolare e parità dei nuclei, addizione di momenti angolari. Momenti nucleari elettromagnetici: regole di selezione, momento di quadrupolo elettrico, momento di dipolo magnetico, fattori-g, sistematiche. Forza nucleone-nucleone: proprietà e studio del deutone, equazioni di Rarita e Schwinger; diffusione nucleone-nucleone, sezioni d'urto di singoletto e di tripletto, lunghezza di scattering, teoria del range effettivo e sistematiche, simmetrie del potenziale n-n e proprietà, modello della forza di scambio. Modelli nucleari: Modello a Shell, applicazioni del modello a particella singola, configurazioni di nucleoni di valenza: momento angolare totale, seniority e spin isotopico ridotto, spazio modello. Studi sperimentali di spettroscopia nucleare. Transizioni elettro-magnetiche. Modelli collettivi: Modello vibrazionale, fononi quadrupolari e ottupolari. Modello rotazionale: approssimazione adiabatica, bande rotazionali, momento di inerzia nucleare, momenti magnetici di stati nucleari collettivi. Modello (collettivo) unificato: stati di particella singola in un potenziale deformato, modello di Nilsson. Elementi di teoria della collisione: rappresentazione integrale dell'ampiezza di diffusione, sezioni efficaci e matrice T, approssimazione di Born e applicazioni. Funzioni di Green delle onde libere: equazione integrale della diffusione, sviluppo di Born, operatore di Green. Generalizzazione dell'approssimazione di Born e delle funzioni di Green. Modello ottico. Collisioni complesse. Reazioni indotte da ioni pesanti: generalità, classificazione a bassa energia ($E/A \leq 10$ MeV). Fusione completa, decadimento del nucleo composto: piano Yrast, modello statistico per l'evaporazione di particelle. Modello della goccia di liquido ruotante. Fissione del nucleo composto: teoria degli stati transizionali. Collisioni profondamente anelastiche. Cenni sullo studio dei nuclei esotici.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: 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.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

44 - Insegnamento: FISICA NUCLEARE PER I BENI CULTURALI E AMBIENTALI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	

Obiettivi formativi:

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.

Lo studente dovrà essere in grado di utilizzare le conoscenze acquisite per la comprensione e la gestione delle relative applicazioni.

Programma sintetico:

1. I metodi nucleari per le datazioni dei Beni Culturali.
Datazione mediante isotopi radioattivi.
2. Metodo di datazione mediante radiocarbonio (^{14}C).
Le ipotesi di Libby. Fenomeni cosmici di produzione del ^{14}C . Equilibrio tra sistemi viventi e serbatoio di scambio □ Curve di calibrazione. Datazione al radiocarbonio mediante spettrometria di massa con acceleratori (AMS). Dendrocronologia.
3. Datazioni mediante la misura del danno da radiazione.
Aspetti generali. Termoluminescenza (TL). Dosimetria mediante TL. Datazione mediante Termoluminescenza (TLD). Radioattività ambientale e intrinseca ai materiali.
4. Fluorescenza ai raggi X (XRF).
Basi fisiche del metodo. Generatori di raggi X. Eccitazione con spettro X continuo o con radioisotopi. Analisi quantitativa FPM. Analisi elementale ultra-sensibile mediante XRF in Riflessione Totale (TXRF). Ion Beam Analysis: PIXE.
5. Rutherford Backscattering (RBS).
Interazioni atomiche e spettrometria mediante RBS. Perdita di energia degli ioni leggeri e profili di profondità in RBS.
6. Nuclear Activation Analysis (NAA).
Principi. Condizioni di misura. Analisi quantitativa e applicazioni.

Prerequisiti: Aver studiato e ben compreso i seguenti argomenti: fisica atomica, reazioni nucleari, decadimento radioattivo.

Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.

45 - Insegnamento: FISICA SPERIMENTALE DELLA GRAVITAZIONE	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):

Obiettivi formativi:

Capacità di comprensione delle Equazioni di Einstein soprattutto in relazione al significato fisico ed alle implicazioni sperimentali. Comprensione dei metodi di approccio sperimentale alle molteplici ipotesi teoriche formulate in teorie alternative. Conoscenza delle tematiche fondamentali nella gravitazione sperimentale. Conoscenza degli strumenti caratteristici dell'indagine sperimentale nella gravitazione attuale. Panoramica degli sviluppi futuri della fisica della gravitazione sperimentale. Comprensione dei fondamenti sistemi di controllo ed analisi temporale.

Programma sintetico:**PARTE I: principio di equivalenza**

Introduzione storica - Misura della velocità della luce :- La prima misura astronomica: Roemer - La prima misura di laboratorio: Fizeau - Esperimento di Michelson Morley. Isotropia dello spazio: Michelson in versione moderna: esperimento di Hall-Brillet Il pendolo da Galileo a Newton Le misure di Eotvos. I limiti attuali nella violazione del principio di equivalenza.

PARTE II: Relatività Generale - Materia Oscura - Vuoto Quantistico e Gravità - Dark Energy

Equazioni di Einstein e limite newtoniano - ordini di grandezza - avanzamento del perielio di mercurio- deflessione della luce: spostamento verso il rosso: esperimento di Pound-Rebka. Evidenze sperimentale di materia oscura. Principali ipotesi. Esperimenti per la ricerca di WIMP. Esperimenti per la ricerca di Assioni. Dark Energy: Il problema della costante cosmologica. Fluttuazioni di vuoto e campo gravitazionale. Principio di Archimede del vuoto.

PARTE III : Onde gravitazionali - rivelatori - prospettive future

Onde Gravitazionali: equazioni di Einstein in vuoto - limite di campo debole - effetto su sistemi materiali - sorgenti di onde gravitazionali - ampiezza delle onde gravitazionali attese - principio di rivelazione - sensibilità della prima generazioni di rivelatori - la generazione "Advanced" - La scoperta delle Onde Gravitazionali - I primi segnali - Implicazioni astrofisiche - La nascita della Multi-messenger Astronomy - I futuri rivelatori ed il futuro della Astronomia gravitazionale - Panoramica conclusiva: problemi aperti in fisica della gravitazione.

ESPERIENZE DI LABORATORIO 1) Ottimizzazione di una bilancia per la misura del peso del vuoto **2)** Analisi di segnale dal rivelatore Virgo e ricerca di sorgenti lentamente variabili.

Esami propedeutici:
Prerequisiti: Conoscenza della Relatività Ristretta e dei fondamenti del calcolo tensoriale. Conoscenza dei fondamenti di Fisica Sperimentale.
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.

46 - Insegnamento: FISICA TEORICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire un quadro ampio delle idee che hanno portato alla formulazione del Modello Standard delle Interazioni Fondamentali $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$, utilizzando gli strumenti acquisiti nei corsi di meccanica quantistica e teoria di campo, al fine di fornire allo studente una dettagliata conoscenza della Fisica Teorica in ambito subnucleare.		
Programma sintetico: Ipotesi del neutrino. Teoria di Fermi. Beta Decay Nucleare. Regole di Selezione per Fermi e Gamow-Teller. Calcolo dello Spettro elettronico. Plot di Kurie. Interazione Forte. Ipotesi di Yukawa. Scoperta del muone. Scoperta del pione. Determinazione dei numeri quantici del pione. Scoperta prime risonanze adroniche. Le Nuove (Strane) Particelle e Regole di Selezione. Classifica di Gell-Mann-Nishijima. Enigma Theta-Tau. Violazione di Parità nelle Interazioni Deboli. Forma Generale del Hamiltoniano Debole di Lee-Yang. Tests sperimentali. Teoria V-A. CVC, PCAC, Decadimento del Pione. Decadimento del neutrone- determinazione di g_A . Conseguenze di PCAC- Rel Goldberger-Treiman. Universalità alla Cabibbo. Verifica di CVC nei decadimenti super permessi. Decadimento del muone. Sezione d'urto (anti) neutrino elettrone. Introduzione ai gruppi di Simmetria. Algebre di Lie. Rappresentazioni, Riducibili... ecc. Costruzione di $SU(N)$. Gruppo Ortogonale $SO(N)$. Rap Irreducibili e Tensori. Costruzione Rap Ir. in $SU(N)$. Tableaux de Young. Costruzione Rapp. Spinoriale. Classificazione Adroni con $SU(3)$. Formula di Massa Gell Mann- Okubo. Oscillazioni di stranezza nel sistema K^0 anti - K^0 . I Mesoni vettori ρ , ω , ϕ . Mixings e Regola OZI. Numero Leptonico- μ^- e γ , scoperta del neutrino muonico. Algebra delle Correnti e Simm Chirale. Rottura Spontanea alla Nambu e Teorema di Goldstone. Stima masse dei quarks. Relazioni di massa di GMOR. Modello Sigma Lineare. Argomento complementare: Anomalia della corrente assiale calcolo con point splitting Deep Inelastic Scattering. Modello a Partoni. Processo di Drell – Yan. $SU(3)$ di colore e Libertà Asintotica. Scoperta del J/ψ - Rinforzamento dell'ipotesi di QCD. Spiegazione della regola di OZI e del mixing magico. Accenno ai quarkonia. Teorie di Gauge non Abelian a 0- loop. Unificazione Elettro-Debole Meccanismo di Higgs. Accoppiamenti Corrente Neutra- Meccanismo di GIM. Scoperta Correnti Neutre. Argomento complementare: $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ e correzioni a PCAC. Fenomenologia del Modello Standard Elettro-Debole. Matrice di CKM. Produzione dei Bosoni Intermedi W e Z in UA1 e UA2. Non osservabilità del B Higgs Fenomenologia del Modello Standard Elettro-Debole con il DIS di neutrini. Verifica degli Accoppiamenti di Corrente Carica e Neutra. Esercizio: Calcolo delle larghezze di W e Z a ordine più bassa. Quantizzazione di FP delle Teorie di Gauge non Abelian. Calcolo della funzione β e dimensione anomala a 1-loop nella QCD. Gruppo di Rinormalizzazione e comportamento asintotico delle funzioni di Green. Introduzione alla QCD Perturbativa. OPE caso libero e scaling. Correzioni di QCD. Evoluzione dei coefficienti di Wilson. Momenti delle pdf. Equazioni di Altarelli- Parisi DGLAP. Calcolo delle funzioni di splitting Non Singlet dal DIS ep. Scoperta del Higgs in LHC. Processo elettrone positrone in jets adronici. Osservabili e Jets adronici. Accenni al teorema KLN. Definizione dei jets alla Sterman-Weinberg in elettrone positrone 2 jets. Calcolo del processo elettrone positrone in 3 jets. Criterio di Jade. Violazione di CP. Regola $\Delta I=1/2$. Analisi del settore dei K-violazione diretta e indiretta. Consistenza della proposta di KM. Triangoli di Unitarietà e Osservabili Accenno a violazione in heavy flavours. Oscillazioni dei neutrini Neutrini di Weyl e di Majorana. Oscillazioni nel Vuoto. Oscillazione nella materia- MSW. Soluzione del problema dei neutrini solari. Modelli di Grande Unificazione - $SU(5)$, Accenni a $SO(10)$ e masse dei neutrini.		
Esami propedeutici: Meccanica Quantistica, Teoria Quantistica dei Campi.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

47 - Insegnamento: FONDAMENTI DI ELETTRONICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Partendo dagli elementi base dell'elettrotecnica, Il corso da' una approfondita conoscenza dei dispositivi a transistor, FET, MOS e amplificatori operazionali nonché gli elementi base dei circuiti logici. Il corso consentirà allo studente di essere in grado di progettare con le moderne tecniche analitiche circuiti complessi di amplificazione e di elaborazione dei segnali. Numerosi esempi circuitali complessi assicurano allo studente le capacità applicative necessarie ad affrontare la progettazione elettronica attuale		

Programma sintetico (sillabo):	
-Richiami di elettrotecnica. Tensioni e correnti complesse. Elementi reattivi, induttanze e capacità. Analisi nel piano complesso.	
-Filtri e diodi per circuiti cimatori e fissatori. Raddrizzamento di grandezze alternate.	
-Il transistor nelle tre configurazioni. Polarizzazione e amplificazione. Circuiti avanzati ad alta integrazione, carichi attivi.	
-amplificatori a più stadi, analisi in frequenza, amplificatori differenziali ad alta integrazione, amplificatori operazionali.	
-analisi in frequenza degli amplificatori operazionali. Criteri di stabilità.	
-Dispositivi FET e MOS. Confronto con transistor. Circuiti amplificatori, carichi attivi	
-amplificatori operazionali con MOS.	
-comparatori, integratori, sample and hold. Sistemi di acquisizione.	
-logiche C-MOS, N-MOS. Confronto con logiche TTL.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Conoscenza elementi base circuitali. Teoremi generali risoluzioni circuiti. Nozioni base di Elettrotecnica. Grandezze complesse. Concetti generali elementi attivi.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.	

48 - Insegnamento: FOTONICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Lo studente al termine del Corso avrà una buona conoscenza del comportamento della radiazione luminosa e delle relative tecniche di generazione, manipolazione e rivelazione. Queste conoscenze renderanno capace lo studente di comprendere i principi fisici di base coinvolti, le tecniche e i meccanismi di funzionamento dei dispositivi che trattano la radiazione ottica. Lo studente avrà acquisito conoscenze e metodologie tradizionali e innovative per analizzare e risolvere problemi tipici del trattamento della radiazione luminosa sia nel campo della fisica di base che in campo applicativo come le comunicazioni e lo studio e trattamento dei materiali.		
Programma sintetico: Richiami di ottica geometrica e ondulatoria. Guide d'onda monomodali e multimodali; dispersione intermodale e intramodale Fibre ottiche e modi di propagazione; apertura numerica e attenuazione di una fibra ottica, tecniche di fabbricazione Diodi emettitori di luce (LED): principi e tecniche di fabbricazione Principi fisici del laser a diodo; caratteristiche e tecniche di fabbricazione. Fotorivelatori. Fotodiodi a giunzione e loro caratteristiche Dispositivi fotovoltaici: principi e caratteristiche Principi di Ottica nonlineare Principi di nano-ottica Cristalli fotonici e Dispositivi elettro-ottici Fenomeni ultraveloci		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenza di fisica generale, con particolare riguardo all'elettromagnetismo e all'ottica, di fisica dei semiconduttori e di meccanica quantistica al livello di laurea triennale.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

49 - Insegnamento: GEOELETTROMAGNETISMO		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro:	
Obiettivi Formativi: Il corso mira a far acquisire un'adeguata conoscenza 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 in maniera critica e autonoma 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.		

Contenuti: I metodi della Geofisica Applicata (classificazione e campi di applicazione). Metodi magnetici. Metodi elettrici (Potenziale Spontaneo, resistività in corrente continua, Polarizzazione Indotta). Metodi elettromagnetici (a sorgente controllata in TD e FD, magnetotellurica, georadar). Altri metodi geofisici (gravimetria, sismica a riflessione e rifrazione) ed integrazione di metodi geofisici. Procedure e tecniche di prospezione e di organizzazione di un survey geofisico. Elaborazione, filtraggio e inversione singola e congiunta di dati di prospezione geofisica. Rappresentazione delle anomalie geofisiche e imaging multiparametrico. Applicazioni alla ricerca di risorse naturali (idriche, minerarie, geotermiche), ai rischi naturali (sismico, vulcanico, idrogeologico) e antropici (inquinamento falde e suoli), all'ingegneria civile (fondazioni, grandi opere), alla valutazione di impatto ambientale, ai beni culturali e architettonici (archeologia, restauro e conservazione monumenti).	
Propedeuticità:	
Modalità di accertamento del profitto: Colloquio e prova pratica.	

50 - Insegnamento: GEOFISICA APPLICATA	
Settore Scientifico - Disciplinare: GEO/11	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro:
Obiettivi Formativi: Il corso mira a far acquisire un'adeguata conoscenza 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 in maniera critica e autonoma 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.	
Contenuti: I metodi della Geofisica Applicata (classificazione e campi di applicazione) Metodi potenziali (gravimetrico e magnetometrico) Metodi elettrici (Potenziale Spontaneo, resistività in corrente continua, Polarizzazione Indotta) Metodi elettromagnetici (a sorgente controllata in TD e FD, magnetotellurica, georadar). Metodi sismici (a rifrazione e riflessione). Altri metodi ed integrazione di metodi geofisici. Procedure e tecniche di prospezione e di organizzazione di un survey geofisico. Elaborazione, filtraggio e inversione singola e congiunta di dati di prospezione geofisica. Rappresentazione delle anomalie geofisiche e imaging multiparametrico. Applicazioni alla ricerca di risorse naturali (idriche, minerarie, geotermiche), ai rischi naturali (sismico, vulcanico, idrogeologico) e antropici (inquinamento falde e suoli), all'ingegneria civile (fondazioni, grandi opere), alla valutazione di impatto ambientale, ai beni culturali e architettonici (archeologia, restauro e conservazione monumenti).	
Propedeuticità:	
Modalità di accertamento del profitto: Colloquio e prova pratica.	

51 - Insegnamento: GEOINFORMATICA	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/06	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro:
Obiettivi Formativi: Il corso mira a fornire adeguate competenze informatiche per l'analisi, la modellazione e la visualizzazione di grandi insiemi di dati provenienti da osservazioni sulla superficie terrestre o satellitari.	
Contenuti: Fondamenti di informatica e parallelizzazione su CPU/GPU. Strumenti di analisi massiva di dati geofisici (sismogrammi, sezioni sismiche ecc.) per la caratterizzazione del sottosuolo e la sorgente sismica. Analisi di dati da telerilevamento e interferometria satellitare. Strumenti di visualizzazione.	
Propedeuticità:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o prova pratica.	

52 - Insegnamento: GRIGLIE COMPUTAZIONALI PER LA FISICA	
Settore Scientifico - Disciplinare: INF/01	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):

Obiettivi formativi:	
Il corso ha come obiettivo lo studio delle griglie computazionali (GRID) che costituiscono la tecnologia emergente per quanto riguarda i sistemi di calcolo distribuito e scalabile su rete geografica su scala mondiale (World Wide Grid), con particolare riferimento all'accesso ed all'utilizzo veloce e trasparente all'utente di ingenti risorse di calcolo e di grandi volumi di dati in diversi campi della Fisica. Lo studente acquisisce tramite il corso la capacità apprendere gli strumenti informatici per la comunicazione e per l'accesso alle risorse su larga scala, di confrontare criticamente le diverse soluzioni adottate nei sistemi di calcolo distribuito tradizionali e "à la Grid", di comprendere, utilizzare e applicare le tecnologie innovative del Grid computing nell'ambito di applicazioni di calcolo scientifico in fisica ed infine di tenersi costantemente aggiornato in un settore avanzato in rapido sviluppo su cui si fonderà l'Internet del futuro.	
Programma sintetico:	
Introduzione alle griglie computazionali. Progetti Grid nazionali ed internazionali. Caratterizzazione di un sistema di calcolo distribuito tradizionale. Caratterizzazione di un sistema di calcolo GRID. Sistemi di calcolo distribuiti. Architettura Grid. Livelli, protocolli e servizi di Grid. Le reti di calcolo locali e geografiche (http://people.na.infn.it/~merola/Lezione_n_3.pdf). La rete accademica italiana: il GARR. Algoritmi di routing. Protocolli e servizi di rete. I modelli OSI e TCP/IP. File system locali e geografici (UFS, NFS, AFS). Il middleware di Grid: globus, gLite. Introduzione all'Information Modeling. Il Grid Data Management. Elementi di linguaggio XML. Gestione della sottomissione dei jobs e dell'accesso ai dati, gestione di Organizzazioni Virtuali Scalabili, portali GRID, sistemi informativi e sicurezza, monitoraggio, tickets. Il Workload Management System. Il Job Description Language. I web Services quali nuove tecnologie per il distributed computing. SOAP, WDSL, UDDI. Introduzione alla Open Grid Services Architecture. Il Grid Monitoring. Modello GMA. GridICE. Servizi Grid su architetture P2P. Uso di una griglia per applicazioni di calcolo scientifico in Fisica.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o prova scritta.	

53 - Insegnamento: INTRODUZIONE ALLA GRAVITA' QUANTISTICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Lo studente comprenderà la struttura del problema della gravità quantistica e come diversi approcci al problema si relazionano a quella struttura. <i>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</i>		
Programma sintetico: (I) Problemi concettuali per l'unificazione della Meccanica Quantistica con la Relatività Generale : - problema del tempo, problema della localizzazione, problema dell'informazione (buchi neri) (II) Cenni sulla quantizzazione canonica della Gravità e l'equazione di Wheeler-DeWitt. Discussione dei possibili scenari per una teoria che non è renormalizzabile in senso perturbativo (III) Elementi dell'approccio canonico modificato dall'introduzione delle variabili di Ashtekar: - rinormalizzabilità nonperturbativa - operatore d'area e suo spettro discreto (IV) Elementi di Teoria di stringa - rinormalizzabilità perturbativa e 10 dimensioni spaziotemporali - stringhe chiuse - stringhe aperte (V) Elementi di geometria noncommutativa - descrizione delle simmetrie spaziotemporali tramite algebre di Hopf - teorie di campo in spaziotempo noncommutativo (VI) Alcuni esempi di studi sperimentali che sono stati analizzati anche dalla prospettiva di effetti proposti per la scala di Planck.		
Esami propedeutici: Meccanica Quantistica		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

54 - Insegnamento: LABORATORIO DI ASTROFISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01, FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi:		
Approfondimento delle tecniche astronomiche di ottica, fotometria, spettroscopia. Introduzione all'uso di rivelatori CCD per l'astronomia, alle osservazioni astronomiche ed all'analisi dei dati. Fornire capacità d'uso sperimentali, teoriche e numeriche per la progettazione e l'utilizzo di strumenti HW e SW per l'acquisizione e l'interpretazione di dati astronomici.		

Programma sintetico: Coordinate astronomiche. Trasmissione della radiazione elettromagnetica attraverso l'atmosfera. Impatto sulle osservazioni e sui telescopi, teoria del seeing, dispersione, emissione, rifrazione, estinzione. Telescopi ottici. PSF. Aberrazioni ottiche. Potere risolutivo. Telescopi per alte energie. Sorgenti di rumore nelle misure astronomiche. Statistica delle misure astronomiche e riduzione dati. Elementi di progettazione ottica di un telescopio, ray tracing, qualità dell'immagine, aberrazioni ottiche. Ottica attiva e adattiva. Moderni rivelatori per l'astronomia (CCD, fotomoltiplicatori, etc). Rapporto segnale-rumore, range dinamico. Tecniche di riduzione dati. Elementi di spettroscopia. Strumentazione per astrofisica delle alte energie da terra (raggi cosmici e neutrini). Problematiche di organizzazione, strategie e management di un progetto tecnologico per l'astrofisica, dal design al commissioning tecnico in sito. Esercitazioni ed osservazioni al telescopio "de Ritis".
Esami propedeutici: Astrofisica. Laboratorio di Fisica.
Prerequisiti: Conoscenza di analisi matematica ed elementi di base di analisi funzionale.
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o scritto.

55 - Insegnamento: LABORATORIO DI ELETTRONICA ANALOGICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso avvia lo studente alla conoscenza delle nozioni avanzate e moderne della progettazione dell'elettronica analogica. Lo studente sarà in grado di comprendere e finalizzare le principali tecniche di progettazione e realizzazione di circuiti analogici per l'amplificazione e l'acquisizione dei segnali. Lo studente valorizzerà le sue capacità in laboratorio scegliendo fra le varie possibilità tecnologiche odierne fino ad arrivare ad un progetto completo realizzato e verificato nelle sue funzionalità. Esporrà il progetto e la realizzazione in laboratorio dimostrando il livello della sua autonomia di giudizio critico, della sua abilità nella comunicazione e della sua capacità di apprendere.		
Programma sintetico (sillabo): Progettazione avanzata di amplificatori e circuiti di acquisizione dati. Uso e scelta dei dispositivi elettronici. Progettazione analitica di un sistema analogico. Uso dei moderni software di simulazione elettronica per la simulazione del sistema analogico scelto. Realizzazione in laboratorio di un sistema analogico mirato essenzialmente alla comprensione dei metodi di progettazione e verifica della funzionalità specifica. Esecuzione delle misure e analisi dati con trattazione degli errori. Stesura di una relazione finale scritta che sarà discussa in sede di esame.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione dell'elaborato.		

56 - Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 10
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
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 sperimentali in Fisica. Lo studente inoltre valorizzerà le sue capacità in laboratorio, effettuando alcuni esperimenti di Fisica rilevanti per interesse storico e concettuale, approfondirà la sua conoscenza dell'elaborazione statistica dei dati raccolti, ed esporrà i risultati in forma di relazione scritta, dimostrando il livello della sua autonomia di giudizio critico, della sua abilità nella comunicazione e della sua capacità di apprendere.		

Programma sintetico (sillabo):

- 1) Approfondimento delle conoscenze di elaborazione statistica dei dati, e di valutazione degli errori di misura. Probabilità e statistica, proprietà generali delle distribuzioni di probabilità in una e più variabili, (valore atteso, varianza, momenti), esempi di distribuzioni di probabilità (binomiale, Poisson, esponenziale, Gauss, lognormale, uniforme, Cauchy, χ^2 , t di Student, F di Fisher). Inferenza statistica da campioni normali e non. Stima dei parametri: metodo di massima verosimiglianza e metodo dei minimi quadrati. Procedure di minimizzazione. Test d'ipotesi parametrici. Test d'ipotesi non parametrici: test di Kolmogorov-Smirnov per la bontà di un fit e per il confronto fra due campioni. Autocorrelazioni. Introduzione alle tecniche Montecarlo. Test di correlazione. Analisi di Fourier. Esercizi su dati campione, con impiego di pacchetti software di uso diffuso.
- 2) Proprietà meccaniche di materiali; Tecnologie del vuoto, Componenti ottici e materiali, Rivelatori, Tecniche di acquisizioni dati, Tecniche di estrazione del segnale dal rumore, Misure e controllo di temperatura.
- 3) Svolgimento in laboratorio di attività sperimentale mirata essenzialmente alla comprensione delle problematiche fisiche, agli aspetti critici dell'esperimento, all'apprendimento di tecniche di acquisizione dati, alla esecuzione delle misure, alla analisi dei dati con trattazione degli errori, ed al confronto con dati esistenti.
- 4) Stesura di relazioni sulle esperienze di laboratorio che saranno discusse in sede di esame.

Esami propedeutici:**Prerequisiti:**

Modalità di accertamento del profitto: la prova di esame verterà sugli argomenti trattati nelle lezioni frontali e sulla attività di laboratorio.

57 - Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA BIOMEDICA**Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/07**CFU:** 8**Tipologia attività formativa:****Altro (specificare):****Obiettivi formativi:**

Lo studente dovrà acquisire conoscenze metodologiche sperimentali nell'imaging con raggi X in campo biomedico. Lo studente dovrà dimostrare di saper utilizzare i principali dispositivi (rivelatori, dosimetri, tubo radiogeno, scanner tomografico di laboratorio, oggetti di test, strumentazione di base di laboratorio) impiegati nell'imaging con raggi X. Deve inoltre saper realizzare dei report scritti delle misure effettuate, con relativa analisi dei dati sperimentali, e saper relazionare oralmente su tutte le esperienze di laboratorio effettuate.

Programma sintetico:

Misure di dosimetria con camere a ionizzazione per caratterizzazione di fasci di raggi X per mammografia, radiografia generale, tomografia computerizzata.

Misure di caratterizzazione dello spettro di raggi X da un tubo radiogeno: tensione di picco del tubo Rx, corrente del tubo Rx, strato emivalente, filtrazione.

Misure di dosimetria con film radiocromici per radiologia e per radioterapia.

Misure di dose in profondità in acqua e in plexiglas.

Acquisizione ed elaborazione di immagini radiografiche di oggetti di test.

Valutazione della qualità delle immagini radiografiche (rumore, risoluzione spaziale) e della dose di radiazione.

Acquisizione di immagini radiografiche in contrasto di fase di oggetti di test.

Utilizzo del programma di analisi immagini freeware ImageJ.

Esami propedeutici: Fisica Medica**Prerequisiti:** Argomenti trattati nel Corso di Fisica Medica.**Modalità di accertamento del profitto:** L'esame consisterà nella discussione di un elaborato progettuale.**58 - Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA****Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/03**CFU:** 8**Tipologia attività formativa:****Altro (specificare):****Obiettivi formativi:**

Lo studente acquisirà conoscenze sul funzionamento dei principali rivelatori di radiazione ottica (bolometri, fotomoltiplicatori, fotodiodi, CCD) e delle diverse tecniche di caratterizzazione. Comprenderà le basi teoriche del funzionamento di un laser sia in regime continuo che pulsato. Approfondirà conoscenze sulla modulazione della luce in ampiezza e fase mediante dispositivi acusto-ottici e elettro-ottici.

Lo studente, a seconda del tipo di applicazione, avrà le conoscenze per la scelta di un foto-rivelatore con risposta spettrale, rumore e risposta temporale adatta. Sarà anche in grado di progettare esperimenti basati sull'uso di sorgenti laser ad elevata purezza spettrale o di breve durata temporale e a caratterizzarne le loro proprietà (rumore, analisi di modi, etc.). Avrà una panoramica dei principali tipi di laser con particolare riferimento a quelli a stato solido. Avrà la capacità di sviluppare tecniche omogenee per la riduzione del rumore in esperimenti di ottica.

Programma sintetico: Rivelatori per la radiazione elettromagnetica Caratteristiche generali (sensibilità, linearità, risposta spettrale e temporale, rumore). Rivelatori termici Bolometri (schema elettrico, vari tipi di bolometri) Termocoppie, termopile, rivelatori piroelettrici, celle di Golay. Rivelatori fotoconduttivi Rivelatori intrinseci ed estrinseci. Fotodiodo, fototransistor, diodo avalanche, cenni sui diodi ibridi (Schottky, MIM), CCD. Rivelatori fotoemissivi. Fotocatodi, fotomoltiplicatore, multichannel plate. Electron multiplier. Caratteristiche temporali di un fotomoltiplicatore. Photon counting. Sistemi laser. Metodi di pompaggio (ottico, ed elettrico). Cavità ottiche. Criterio di stabilità. Modi di una cavità. Ipotesi di Schawlow e Townes. Perdite per diffrazione. Cavità Fabry-Perot . Tecniche per la selezione dei modi di una cavità (reticolo di diffrazione, prisma, filtro di Lyot). Limiti della larghezza di riga di un laser (formula di Schawlow). Laser a tre e quattro livelli. Modello di rate equations. Comportamento dinamico del laser. Laser impulsati (Q-switching, cavity damping, mode locked). Vari tipi di laser. Laser a stato solido (Nd:YAG, rubino). Laser a gas (argon, He-Ne, eccimeri, anidride carbonica, azoto). Laser a liquidi (coloranti). Laser a diodo semiconduttore. Modulazione in intensità e frequenza della radiazione laser. Modulatore acusto-ottico. Modulatore elettro-ottico. Tecniche per migliorare il rapporto segnale-rumore. Amplificatore lock-in. Applicazioni dei laser in esperimenti di spettroscopia laser.
Esami propedeutici:
Prerequisiti: 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). Conoscenze di base sull'analisi dei dati sperimentali.
Modalità di accertamento del profitto: Parte sperimentale, lavoro in gruppo, con relazione finale scritta e orale. Prova orale sull'intero programma svolto sostenuta dal singolo studente.

59 - Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA DELLE PARTICELLE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Conoscenza e comprensione delle moderne tecniche sperimentali in Fisica delle Particelle Elementari, con particolare riguardo ai principi fisici di funzionamento dei rivelatori di particelle ed al loro utilizzo, insieme ad opportuna elettronica di lettura, per lo sviluppo di tecniche di identificazione di particelle e misurazione delle grandezze fondamentali ad esse correlate (carica, massa, energia). Consolidamento delle conoscenze della capacità di operare in laboratorio e di analizzare ed elaborare criticamente i dati. Lo studente acquisirà la capacità di progettare, realizzare e mettere a punto piccoli apparati sperimentali per compiere misure nel campo della fisica delle particelle elementari. Svilupperà inoltre la capacità di analizzare i dati acquisiti ed esporre i risultati in forma di relazione scritta, dimostrando il livello di approfondimento della tematica affrontata, delle sue capacità sperimentali e di discussione critica dei risultati.		
Programma sintetico: Sorgenti di radiazione, naturali ed artificiali: Sorgenti Radioattive, Raggi Cosmici, Acceleratori di Particelle Interazioni della radiazione con la materia: Particelle cariche, Fotoni e altre Particelle neutre (cenni) . Rivelatori di particelle: Contatori a scintillazione, Rivelatori a gas, Camere a bolle, Emulsioni nucleari, Rivelatori a semiconduttore, Calorimetri elettromagnetici ed adronici, Cerenkov. Tecniche per l'identificazione di particelle e per la misura di energia/impulso. Analisi dei segnali provenienti dai rivelatori e cenni ai sistemi di acquisizione dati. Esperienza in Laboratorio: Ciascun gruppo, composto da due o tre studenti, affronta un tema sperimentale in tutte le sue fasi, con scrittura finale di una relazione che ne descrive le motivazioni, la procedura seguita, i dati ottenuti, la loro analisi ed i risultati raggiunti. A titolo di esempio, la strumentazione in laboratorio consente di effettuare: a) Misura della vita media del muone, in varie configurazioni strumentali ; b) Caratterizzazione di una camera a drift; c) Caratterizzazione di una Micromegas; d) Caratterizzazione di scintillatori con Silicon PM; e) Caratterizzazione di RPC in regime avalanche o streamer ; f) Dipendenza angolare (in theta e phi) dei raggi cosmici, misurata con odoscopio di scintillatori; g) Studio del flusso dei raggi cosmici in funzione del tempo (notte/giorno) e della pressione atmosferica; h) Controllo automatico di strumentazione, mediante modulistica VME e software LabView ; i) Messa a punto di sistemi di acquisizione dati e di monitors ambientali		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Elementi di fisica delle particelle, di elettronica e di elaborazione statistica dei dati		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale con discussione di un elaborato progettuale.		

Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/04		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
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 e della metrologia delle radiazioni ionizzanti.		
Programma sintetico: Sistemi semplici di conteggio: il concetto di rivelatore, modi operativi. Preamplificatori: PA sensibili alla carica o alla tensione, alimentazione, Sensibilità, accoppiamenti di impedenza, rumore. Amplificatori, formazione e filtraggio, deficit balistico, Pole Zero Cancellation, Baseline restorer, Pile-up Rejector, Linearità integrale e differenziale, spettroscopia e amplificatori veloci. Introduzione al timing: Fast/Slow timing, Leading Edge and CFD, coincidenze pronte, esempi di sistemi di timing. Spettroscopia a tempo di volo Applicazioni della time spectroscopy: misura dell'attività di una sorgente, coincidenze ritardate, curva di coincidenza, tempo risolutivo di una coincidenza, convertitori tempo-ampiezza. Introduzione ai moduli elettronici: moduli per il pulse processing Convertitori A/D: principi di funzionamento, Flash ADC, specifiche di un ADC Convertitori T/A: principi di funzionamento, Flash ADC, specifiche di un ADC Convertitori T/D principi di funzionamento e specifiche tecniche. Elettronica modulare moderna: moduli lineari e logici Cenni ai data Bus Sincroni e asincroni Bus Camac e VME. Principali organizzazioni di sistemi di acquisizione dati: data readout, data buffering and event building, misure di tempo morto Analisi statistica dei dati: statistica di conteggio, misura della risoluzione Applicazione di tecniche di Monte Carlo all'analisi dei dati		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Elementi di fisica generale e possibilmente conoscenza dell'interazione radiazioni ionizzanti/materia		
Modalità di accertamento del profitto: Discussione di un elaborato progettuale con una prova finale in laboratorio		

61 - Insegnamento: LABORATORIO DI SISTEMI DIGITALI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
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. Lo studente applicherà le sue conoscenze generali di elettronica digitale all’analisi e progettazione di circuiti di elevata complessità basati su FPGA. 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. 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.		
Programma sintetico: Richiami di elettronica digitale: circuiti combinatori e sequenziali. Architettura delle FPGA: struttura della logica di core e di Input/output; RAM, Moltiplicatori, Digital Clock Manager; albero di clock e tecniche di distribuzione ed ottimizzazione; flusso di progetto: translate, mapping, place & route, programming; automi a stati finiti: tecniche di progettazione, codifica One-Hot, gestione degli stati illegali; studio delle caratteristiche elettriche e di commutazione; analisi statica e stima delle prestazioni in frequenza; effetti dello skew e del jitter. Il linguaggio VHDL: introduzione ai linguaggi di descrizione hardware; struttura e sintassi del linguaggio VHDL; applicazione alla sintesi e simulazione di circuiti basati su FPGA. Esercitazioni di laboratorio: studio di una scheda basata su FPGA; esempi di sintesi e simulazione di circuiti descritti in VHDL; progettazione e collaudo di automi a stati finiti, implementazione su FPGA; esempi di analisi statica; sviluppo autonomo di un progetto concordato con il docente con verifica e collaudo in laboratorio.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: 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.		

Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.
--

62 - Insegnamento: MECCANICA DEL CONTINUO		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/06		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro:	
Obiettivi Formativi: Conoscenza delle proprietà meccaniche e termodinamiche di materiali nell'approssimazione del continuo, applicate alla Geofisica. Capacità manipolare il formalismo tensoriale nella descrizione del continuo e soluzione di modelli semplici di equazioni differenziali per l'equilibrio degli sforzi in un corpo o la dinamica e fluidodinamica indotte dalle proprietà elastiche e termiche.		
Contenuti: INTRODUZIONE FENOMENOLOGICA ALL'ELASTICITA': descrizione del comportamento elastico di un solido; tipi di forze e legge di Hooke. Costanti fenomenologiche. DEFORMAZIONE: tensore gradiente dello spostamento, tensore delle deformazioni e degli sforzi di Cauchy. Teorema di Cauchy. EQUAZIONI DI CONTINUITA', equazione di conservazione della massa; conservazione della quantità di moto e seconda legge di Newton per un continuo. Variazione di energia per un corpo deformabile sotto stress applicato. Tensore di elasticità. Leggi del moto di Cauchy. ANALISI DELLO STRESS, cerchio di Mohr in 2D e 3D; criterio di frattura di Coulomb, condizioni di formazione di una faglia. Faglia normale, strike-slip, e dip-slip. STRESS TERMICO: termodinamica di un continuo deformabile; energia elastica nel caso isoterma. Legge di Fourier ed equazione della conduzione. Applicazioni alla geotermia: modello di temperatura nella crosta; effetto della temperatura sul campo di stress; modello di temperatura nella crosta calcolato col metodo agli elementi finiti. STATICA E DINAMICA DEI FLUIDI: leggi di Stevino e Archimede. Stress in un fluido viscoso; equazione di Navier-Stokes; problema generale della fluidodinamica; equazione del bilancio energetico; velocità del suono; teorema di Bernoulli; condizioni di incompressibilità di un fluido; flusso di Hagen-Poiseuille; flusso tra due piani e flusso di Couette; numero di Reynolds. Moto laminare e turbolento. Vortici. CONVEZIONE LIBERA: numero di Prandtl e di Nusselt; soluzione del problema della fluidodinamica nel caso della convezione: approssimazione di Boussinesq; equazione per la temperatura e condizioni di innesco della convezione. Numero di Rayleigh.		
Esami propedeutici: Elettrodinamica classica		
Prerequisiti: Elementi di termodinamica e del formalismo differenziale in elettromagnetismo		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

63 -Insegnamento: MECCANICA QUANTISTICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 9
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà conoscenze relativamente al ruolo e alle conseguenze delle proprietà di simmetria dei sistemi quantistici (in particolare le rotazioni, ma anche le simmetrie discrete), imparerà a trattare miscele incoerenti di stati, particelle con spin e la loro interazione con il campo elettromagnetico. Comprenderà, con i tentativi di coniugare Meccanica Quantistica e Relatività Speciale, le difficoltà di una teoria quantistica di singola particella. Lo studente sarà in grado di calcolare elementi di matrice di operatori con l'uso del Teorema di Wigner-Eckart, di risolvere problemi in cui sono coinvolte particelle con spin sia per stati puri che per miscele incoerenti. Sarà in grado di affrontare e risolvere problemi connessi a processi di decadimento o diffusione da potenziale esterno.		

Programma sintetico:

Formalismo dei Ket e Bra di Dirac. Osservabili unitariamente equivalenti. Operatore di Traslazione. Teorema di Bloch. Equazione di Heisenberg. Teorema di Ehrenfest.

Rotazioni finite ed infinitesime. Rotazioni per sistemi di spin $1/2$: Operatori di Rotazione, precessione dello Spin. Simmetrie: Invarianza per rotazioni e momento angolare. Rotazioni di Eulero. Teorema di addizione di momenti angolari. Coefficienti di Clebsch-Gordon. Operatori tensoriali: Tensori euclidei e sferici. Operatori tensoriali irriducibili e teorema di Wigner-Eckart.

Simmetrie discrete. Parità. Teorema di Wigner. Inversione temporale. Degenerazione di Kramers. Spin isotopico. Particelle Identiche.

Interazioni dipendenti dal tempo: Rappresentazione di interazione. Serie di Dyson. Regola aurea di Fermi. Sistemi a due livelli. Effetto fotoelettrico.

Operatore densità. Equazione di evoluzione. I postulati della Meccanica Quantistica in termini dell'operatore densità. La matrice densità per particelle di spin $1/2$. I sistemi compositi e la matrice densità ridotta.

Stati intrecciati (entangled). Paradosso di Einstein-Podolsky-Rosen. Disuguaglianze di Bell.

Elementi della teoria della diffusione da potenziale centrale. Soluzione asintotica dell'equazione di Schroedinger. Sviluppo in onde parziali. Sfasamenti. Approssimazione di Born per gli sfasamenti. Funzione di Green. Equazione di Lippman-Schwinger. Approssimazione di Born per l'ampiezza di diffusione. Teorema ottico. Diffusione di particelle identiche.

Propagatori ed integrali di cammino. Il caso dell'oscillatore armonico unidimensionale

Meccanica quantistica relativistica. Equazione di Klein-Gordon: derivazione, e soluzioni.

Equazione di Dirac: derivazione e soluzioni. Accoppiamento al campo elettromagnetico e limite non-relativistico: l'equazione di Pauli. Zitterbewegung. Coniugazione di carica.

Esami propedeutici:

Prerequisiti: 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: Esame orale e scritto.

64 - Insegnamento: MECCANICA QUANTISTICA DEI MOLTI CORPI	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Il corso fornirà allo studente competenze sui principali strumenti di indagine di un sistema di particelle e campi interagenti in meccanica quantistica. Lo studente dovrà dimostrare di padroneggiare gli approcci e i metodi tipici della teoria quantistica dei sistemi interagenti. Lo studente, alla fine del corso, dovrà dimostrare di aver acquisito capacità applicative dei concetti studiati in differenti campi, dalla fisica atomica a quella molecolare, dalla fisica dei solidi alla fisica nucleare fino alla fisica delle basse temperature.	

Programma sintetico:	
1) Particelle identiche e seconda quantizzazione. L' operatore statistico: insieme canonico e grancanonico. Potenziale termodinamico. Rappresentazione di Heisenberg termica, distribuzione di Fermi-Dirac e Bose Einstein. Teorema di Wick.	
2) Approcci variazionali e autoconsistenti per liquidi bosonici e fermionici. Condensazione di Bose-Einstein, superfluidità .	
3) Funzioni di Green a temperatura finita. Matrice S, rappresentazione di Lehman, proprietà analitiche della funzione di Green ritardata. Equazioni del moto. Metodo Lanczos. Concetto di self-energy. Diagrammi di Feynman. Equazione di Dyson. Calcolo dei diagrammi di Feynman al primo ed al secondo ordine perturbativo per un gas di fermioni o bosoni. Rinormalizzazione e chiusura autoconsistente. Calcolo della bolla di polarizzazione (Random Phase Approximation). Funzione spettrale e misure ARPES (spettroscopia di fotoemissione risolta in angolo) nei metalli. Soluzione delle equazioni auto-consistenti nel modello jellium.	
Campi fermionici e bosonici interagenti: interazione elettrone-elettrone mediata dai fononi e origine della superconduttività.	
Teoria della risposta lineare a una perturbazione esterna e formule di Kubo: suscettività magnetica, conducibilità ottica e funzione dielettrica. Eccitazioni di singola particella e modi collettivi. Polaroni e Plasmoni. Cenni all' equazione di Langevin.	
4) Quantizzazione del campo elettromagnetico: campi trasversi e longitudinali, oscillatori e quantizzazione del campo, fotoni, energia e impulso del campo, stati coerenti, invarianza di gauge, interazione non relativistica radiazione materia, righe spettrali.	
5) Quantizzazione del campo delle vibrazioni reticolari: le equazioni classiche del moto, coordinate normali, fononi (acustici e ottici, trasversali e longitudinali). Calore specifico delle vibrazioni reticolari.	
Esami propedeutici: Meccanica quantistica.	
Prerequisiti: Ottima conoscenza della meccanica classica e della meccanica quantistica con un livello di approfondimento e formalizzazione paragonabile, ad esempio, a quello del testo "Meccanica quantistica moderna" di Sakurai.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.	

65 - Insegnamento: MECCANICA STATISTICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 9
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Consolidamento delle conoscenze di Termodinamica e di Fisica Statistica. Acquisizione di conoscenze su argomenti standard e avanzati nel settore della Meccanica Statistica, nonché della capacità di impostare e analizzare semplici teorie in contesti diversi da quelli specificamente studiati. Capacità di applicare le conoscenze in contesti differenti e di percepire la valenza interdisciplinare delle teorie e delle metodologie matematiche apprese. Capacità di applicare le conoscenze acquisite alla ricerca di frontiera nell'ambito della Meccanica Statistica.		
Programma sintetico: Richiami di Termodinamica. Definizione di entropia. Potenziali termodinamici. Trasformazioni di Legendre. Cammini aleatori. Postulati della Meccanica Statistica. Teorema di Liouville. Ipotesi ergodica. Insieme microcanonico. Gas ideale. Paradosso di Gibbs. Insieme canonico. Funzione di partizione. Fluttuazioni dell'energia. Limite termodinamico. Sistemi di oscillatori armonici. Paramagnetismo. Temperature negative. Teorema di equipartizione dell'energia. Insieme grancanonico. Percolazione. Fenomeni critici. Esponenti critici. Modello di Ising e modello del gas reticolare. Rottura di simmetria. Teorie di Campo medio. Modello di Ising in una dimensione. Funzione di correlazione. Relazione fra esponenti critici. Leggi di scala. Gruppo di rinormalizzazione nello spazio reale. Modello di Ising a due dimensioni. Formulazione Quantistica della Meccanica Statistica. Matrice densità. Meccanica Statistica del non-equilibrio. Relazioni di fluttuazione-dissipazione. Master Equation. Equazione di Fokker-Planck. Teorema H. Analisi spettrale.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenze acquisite del corso di laurea triennale in Fisica		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

66 - Insegnamento: METODI DI APPRENDIMENTO AUTOMATICO PER LA FISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: INF/01		CFU: 8

Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Questo insegnamento consentirà ai discenti di conseguire conoscenze e capacità di comprensione nel dominio del paradigma di programmazione orientato agli e alla applicazione di tale paradigma alla realizzazione di applicazione informatiche basate su metodologie di machine learning. I discenti saranno in grado di applicare le conoscenze e la capacità di comprensione acquisite a domini significativi della fisica applicata come: fisica della materia, fisica nucleare e subnucleare, fisica dell'universo, e fisica astroparticellare.	
Programma sintetico: Introduzione alla programmazione orientata agli : Classi ed ; incapsulamento dell'informazione e astrazione delle interfacce; riuso del codice mediante ereditarietà o aggregazione; interfacce astratte e polimorfismo; analisi e design ad di un problema attraverso lo Unified Model Language (UML). Introduzione al linguaggio di programmazione Python: la shell di Python; numeri, variabili, operatori di confronto; le stringhe, le liste, le tuple come Python; meccanismi per il controllo del flusso; input/output da file; le funzioni. Uso di librerie avanzate per la programmazione scientifica in Python: uso di pylab per la creazione di grafici; uso di NumPy per l'implementazione in Python di applicazioni basate su metodi statistici, polinomi, e algebra lineare; utilizzo della libreria SciPy per l'implementazione di algoritmi di risoluzione di integrali e equazioni differenziali ordinarie, interpolazione di dati, e ottimizzazione. Introduzione al machine learning in Python: introduzione all'apprendimento automatico, apprendimento supervisionato, apprendimento non supervisionato, apprendimento per rinforzo; algoritmi di apprendimento supervisionato basati sul perceptrone, neuroni adattivi lineari, regressione logistica, macchine a vettori di supporto, alberi decisionali e foreste casuali; tecniche per la risoluzione di problemi di overfitting; tecniche di costruzione o ottimizzazione di dataset, algoritmi per la riduzione della dimensionalità; combinazione di modelli di apprendimento; analisi a regressione; algoritmi di apprendimento non supervisionato, algoritmi di clustering partizionale; algoritmi di clustering gerarchico; applicazione di machine learning, addestramento di reti neurali applicate al riconoscimento di immagini.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Conoscenze di informatica: architetture degli elaboratori. Programmazione procedurale (preferibilmente in linguaggio C), 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.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e progetto scritto.	

67 - Insegnamento: METODI INVERSI	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/06	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro:
Obiettivi Formativi: Il corso si propone di favorire la conoscenza e la comprensione delle metodologie e degli strumenti per il trattamento dei problemi inversi e di stima dei parametri. La presentazione teorica degli argomenti è accompagnata da esempi illustrativi implementati numericamente. Alla fine del corso lo studente dovrebbe essere in grado di comprendere e rapportarsi ai problemi inversi e di implementare gli strumenti numerici adeguati per la risoluzione di casi-studio proposti anche in ambiti nuovi e in un contesto di ricerca. Dovrebbe inoltre aver maturato la capacità di interpretare e commentare criticamente i risultati ottenuti.	

Contenuti:	
– Richiami di algebra lineare, calcolo vettoriale, probabilità e statistica. – Caratterizzazione dei problemi inversi (Classificazione dei problemi inversi. Esistenza, unicità e stabilità della soluzione). – Regressione lineare in norma L_2 e in norma L_1 (Minimi quadrati e aspetti statistici. Propagazione Monte Carlo degli errori). – Problemi inversi a deficienza di rango e mal-condizionati (Decomposizione ai valori singolari e soluzione inversa generalizzata). – Tecniche di regolarizzazione di Tikhonov (Implementazione SVD della regolarizzazione di ordine zero e superiore. Risoluzione, bias e incertezza della soluzione di Tikhonov). – Discretizzazione di problemi inversi continui (discretizzazione mediante espansione del modello e funzioni di base). – Metodi iterativi (Tecniche iterative per la tomografia sismica. Metodo dei gradienti coniugati. Risoluzione per i metodi iterativi). – Tecniche di inversione e regolarizzazione nel dominio di Fourier (Sistemi lineari nei domini del tempo e della frequenza. Regolarizzazione water level e di Tikhonov). – Problemi inversi non lineari e tecniche numeriche di ottimizzazione (Metodi di Gauss-Newton, Levenberg-Marquardt e Occam. Regolarizzazione e risoluzione. Metodi Monte Carlo e di ricerca diretta. Annealing. Algoritmo genetico). – Approccio bayesiano alla risoluzione di problemi inversi (Caso normale-multivariato. Metodo Markov Chain Monte Carlo).	
Esami Propedeutici:	
Prerequisiti: 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.	
Modalità di accertamento del profitto: Presentazione e discussione di uno o più esercizi assegnati durante il corso. Colloquio orale sugli argomenti trattati.	

68 - Insegnamento: METODI MATEMATICI PER LA GEOFISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro:	
Obiettivi Formativi: Conoscenza e capacità di comprensione e soluzione di problemi di interesse geofisico (per es. elasticità, propagazione delle onde, conduzione del calore); apprendimento delle tecniche numeriche necessarie per la soluzione.		
Contenuti: Equazioni fondamentali della meccanica del continuo. Studio delle caratteristiche delle principali equazioni alle derivate parziali di interesse geofisico. Soluzioni forti e deboli. Teoremi di Green e Helmholtz per i campi vettoriali. Soluzioni fondamentali in mezzi infiniti e finiti con geometria non cartesiana. Problemi a frontiera mobile. Soluzione tramite serie e trasformate integrali. Metodi numerici di soluzione delle stesse equazioni: differenze finite ed elementi finiti. Condizioni di stabilità e convergenza. Implementazione numerica.		
Propedeuticità:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Colloquio e/o prova pratica.		

69 - Insegnamento: METODI NUMERICI PER LA FISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Conoscenza degli algoritmi di base per risolvere problemi di fisica complessi. Capacità di progettare e realizzare al computer algoritmi per risolvere problemi di fisica complessi e di visualizzarne i risultati, a partire dalla conoscenza delle equazioni da risolvere e in base alla precisione numerica richiesta e all'efficienza delle tecniche di calcolo a disposizione.		

Programma sintetico: L'ambiente di lavoro LINUX: elementi di shell e comandi principali. Strumenti di analisi e visualizzazione dei dati: gnuplot. Elementi di programmazione in Fortran. Metodi di interpolazione, metodo dei minimi quadrati, spline. Metodi numerici per la differenziazione, l'integrazione e la ricerca di radici. Metodi per l'inversione e diagonalizzazione di matrici. Equazioni differenziali ordinarie e alle derivate parziali. Soluzione di sistemi di equazioni non lineari. Minimizzazione di funzioni di molte variabili. Numeri pseudo casuali. Metodo Monte Carlo. Catene di Markov. Dinamica di Metropolis. Ottimizzazione e annealing simulato. Programmazione con Mathematica. Presentazione di alcuni software di uso comune in ambito fisico. Elementi di calcolo distribuito: MPI e il sistema GRID.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Non si richiedono altri prerequisiti oltre ad aver sostenuto i corsi di Metodi matematici della Fisica e di Informatica della Laurea Triennale in Fisica.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale con discussione di un elaborato progettuale.	

70 - Insegnamento: METODI PER LA DIDATTICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/08		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Programma sintetico: Il corso consentirà ai discenti di acquisire una conoscenza approfondita dei risultati in ricerca in didattica della fisica con particolare enfasi sulle strategie di progettazione e la valutazione di interventi didattici nella scuola secondaria superiore. Inoltre, i discenti acquisiranno una conoscenza approfondita di tecniche di analisi dati comunemente usate in didattica		
Programma sintetico: 4 cfu: Metodi di analisi dati in didattica della fisica: statistica descrittiva e correlazioni, analisi del chi-quadro, confronto tra medie, t-test, analisi della varianza, test non parametrici, analisi di affidabilità, alfa di Cronbach, analisi fattoriale. Le attività pratiche saranno condotte mediante il software SPSS. Analisi di Rasch: scale likert, la funzione logistica, mappe di Wright. Le attività pratiche saranno condotte mediante il software Winsteps. Analisi qualitativa di dati: interviste, case studies 4 cfu: Progettazione/realizzazione in laboratorio di un setting sperimentale per la scuola secondaria superiore e analisi di strumenti di valutazione (ad esempio Force Concept Inventory, Heat Temperature Concept Evaluation, Conceptual Survey in Electricity and Magnetism, etc..) riguardo i seguenti temi: moto e forza, termologia e termodinamica, circuiti elettrici e spettri di onde meccaniche e elettromagnetismo		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenze di fisica di base: meccanica, termodinamica, elettromagnetismo, onde, interazione radiazione materia. Conoscenze di statistica di base		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.		

71 - Insegnamento: METODI SPERIMENTALI PER LE NANOTECNOLOGIE E LA MATERIA CONDENSATA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa: 80% lezioni frontali, 20% attività in laboratorio	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Si intende descrivere la fisica dei sistemi nanostrutturati e di materia condensata dalla scelta e caratterizzazione dei materiali alla realizzazione dei dispositivi e alla misura delle loro proprietà. A tale scopo sono illustrati i principi che guidano le diverse forme di ordine nella materia e varie transizioni di fase, le più comuni tecniche di fabbricazione e caratterizzazione delle varie tipologie di campioni, l'uso delle nanotecnologie applicate alla realizzazione di dispositivi innovativi, i metodi per la misura delle proprietà di trasporto, ottiche e magnetiche. I principi della meccanica quantistica applicati a sistemi a stato solido costituiscono un riferimento costante, ulteriormente arricchiti dalla complessità dei sistemi in esame e dai fenomeni di confinamento quantistico propri delle nanostrutture: dalla concezione del dispositivo alla misura e alla definizione delle proprietà e delle funzionalità anche quantistiche, dai meccanismi di trasporto su scala nano- e meso-scopica ai fenomeni di coerenza macroscopica. Saranno illustrate anche le linee principali sull'utilizzo di nanostrutture per architetture quantistiche di elettronica, con elementi di spintronica e computazione quantistica.		

Programma sintetico:
Si intende descrivere la fisica dei sistemi nanostrutturati e della materia condensata dalla scelta e caratterizzazione dei materiali alla realizzazione dei dispositivi e alla misura delle loro proprietà. Sono illustrati i principi che guidano le diverse forme di ordine nella materia e le varie transizioni di fase, le più comuni tecniche di fabbricazione e caratterizzazione delle varie tipologie di campioni, l'uso delle nanotecnologie applicate alla realizzazione di dispositivi innovativi, i metodi per la misura delle proprietà di trasporto, ottiche e magnetiche. I principi della meccanica quantistica applicati a sistemi a stato solido costituiscono un riferimento costante, ulteriormente arricchiti dalla complessità dei sistemi in esame e dai fenomeni di confinamento quantistico propri delle nanostrutture: dalla concezione del dispositivo alla misura e alla definizione delle proprietà e delle funzionalità anche quantistiche, dai meccanismi di trasporto su scala nano- e meso-scopica ai fenomeni di coerenza macroscopica. Saranno illustrate anche le linee principali sull'utilizzo di nanostrutture per architetture quantistiche di elettronica.
Programma sintetico: Fondamenti di materia condensata, transizioni di fase; Tecniche di deposizione di film sottili e caratterizzazione strutturale: tecniche di microscopia, STM, AFM, ARPES; Tecniche di nano-fabbricazione, nano-litografia, fabbricazione di nanofili, sistemi bidimensionali, grafene ed isolanti topologici; Misure di trasporto, ottiche e magnetiche: tecniche, informazione e limiti sperimentali; Dispositivi nanostrutturati e sistemi ibridi: principi, modelli e funzionalità; Superconduttori, Effetti quantistici macroscopici, giunzioni con superconduttori, effetto Josephson, principi di elettronica superconduttiva; Applicazioni elettroniche con nanostrutture per architetture quantistiche, Elementi di spintronica e computazione quantistica
Esami propedeutici:
Prerequisiti: La conoscenza degli argomenti trattati in Fisica dello Stato Solido 1 e preferibilmente anche in Fisica dello Stato Solido 2
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.

72 - Insegnamento: METODOLOGIE PER L'ANALISI DELLE IMMAGINI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Acquisire conoscenze sui fondamenti dell'elaborazione digitale delle immagini e dimostrare la acquisita capacità di applicare tali conoscenze all'analisi delle immagini mediche, attraverso l'utilizzo di software applicativo utilizzato in ambito scientifico. Acquisire conoscenze di base sui principali formati di immagini e sui sistemi informativi per la gestione e trasmissione delle immagini in ambito medico. Acquisire conoscenze sui parametri utilizzati nell'analisi della qualità delle immagini planari e tomografiche e della valutazione dei sistemi di imaging medico. Acquisire conoscenze delle basi fisiche delle principali tecniche di imaging medico quali la radiologia a film (Rx) e radiologia digitale (CR e DR), tomografia assiale computerizzata a raggi X (CT), tomografia ad emissione di positroni (PET), tomografia ad emissione di singolo fotone (SPECT), tomografia di risonanza magnetica nucleare (MRI). Conoscere i principali algoritmi per la ricostruzione di immagini tomografiche.		
Programma sintetico: Descrizione ed uso del software IMAGEJ. Esempi di utilizzo. Descrizione ed uso del software MATLAB e della libreria Image Processing Toolbox. Esempi di utilizzo. Le origini del Digital image processing, le componenti di un sistema di imaging. La percezione visiva, Acquisizione delle immagini, Campionamento e quantizzazione delle immagini, Relazioni tra pixel, Strumenti matematici. Trasformazioni di intensità, filtraggio spaziale, Elaborazione di istogrammi, Filtri di Smoothing, Filtri di sharpening. Filtraggio nel dominio della frequenza, trasformata di Fourier, Campionamento e trasformata, Trasformata discreta di Fourier, Aliasing, Filtri di smoothing e Sharpening Modelli di rumore, Filtri di media, Filtri band pass. Segmentazione di immagini, Sogliazione, Segmentazione basata sulle regioni, Segmentazione basata su watershed morfologica. I principi della tomografia. Algoritmi di ricostruzioni tomografica, FBP, SIRT, SART. Parametri di qualità delle immagini: Contrasto, Rumore, SNR, MTF, NPS, CNR.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Elementi di programmazione		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.		

73 - Insegnamento: MICROPROCESSORI E SISTEMI EMBEDDED		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	

Obiettivi formativi: Il corso si propone di approfondire gli elementi alla base delle architetture dei moderni microprocessori e fornire allo studente le tecniche più avanzate di progettazione hardware e software. La sempre maggiore disponibilità di core sintetizzabili giustifica lo studio dei cosiddetti sistemi ‘embedded’, nei quali la logica del microprocessore è ‘immersa’ in un dispositivo FPGA o ASIC a larga scala di integrazione. Lo sviluppo di sistemi embedded permette allo studente di configurare e adattare alle proprie esigenze le caratteristiche di un processore, maturando una preziosa conoscenza della sua architettura interna. Il corso prevede esercitazioni assistite e include inoltre lo sviluppo di un progetto di laboratorio che permetta di mettere in pratica le conoscenze acquisite e verificare le capacità applicative e l’autonomia raggiunte dallo studente.
Programma sintetico: Principi di microprocessori e microcontrollori e loro differenze. Programmazione dei microcontrollori. Processi concorrenti, multithreading, race conditions e inversione di priorità. Cenni ai S.O. Real Time. Modelli di progettazione di applicazioni. Visura di codice macchina. Architettura ARM-Cortex. Ambienti IDE per la programmazione integrata. L’ambiente IAR e l’uso del C. Uso della programmazione basata su registri. Programmazione in linguaggio assembler. Librerie ST per la programmazione. Lo strumento ST-CUBE-mx per la configurazione dei dispositivi a microcontrollore ARM Cortex di ST Microelectronics. Interazione con periferiche: I/O Digitale, ingressi analogici, uscite analogiche su DAC. Timer e loro programmazione. Comunicazioni seriali. Direct Memory Access.
Esami propedeutici: Elettronica Digitale, Laboratorio di Sistemi Digitali.
Prerequisiti: Le conoscenze acquisite nei normali corsi di elettronica svolti nella laurea triennale (Laboratorio 2 e 3). Preferiti percorsi specialistici di elettronica digitale, come “laboratorio di sistemi digitali”. Preferiti corsi specialistici come “complementi di elettronica”.
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con la soluzione scritta di esercizi.

74 - Insegnamento: MISURE NUCLEARI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/ 04		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Lo studente raggiungerà conoscenze di base sull'interazione, la misura e gli effetti delle radiazioni ionizzanti. Sia nel campo della ricerca di base che della fisica applicata; raggiungerà confidenza con le principali tecniche di rivelazione e analisi delle radiazioni e di rilevazione ambientale di radioisotopi con metodi radiometrici e non. Prenderà contatto con gli aspetti dosimetrici dell'esposizione, anche rispetto alle procedure radioprotezionistiche. Le conoscenze acquisite permetteranno allo studente di conoscere le principali tecniche nella ricerca fondamentale in Fisica Nucleare delle basse energie e forniranno le competenze per affrontare il mercato del lavoro nel campo della sorveglianza ambientale, della radioprotezione e della metrologia delle radiazioni ionizzanti.		
Programma sintetico): Il decadimento radioattivo e la misura dei parametri che lo caratterizzano (intensità, attività, vite medie,...). Trasformazioni successive. L' Equilibrio Radioattivo come prerequisito misure di attività. Le sorgenti di radiazioni e i vari tipi di trasformazione radioattiva. Produzione dei raggi X. Decadimento gamma. Interazione delle radiazioni con la materia. Radiazioni direttamente e indirettamente ionizzanti. Principali tecniche di rivelazione. Analisi spettrometrica: gli strumenti e le metodologie. Analisi on-line; acquisizione in list-mode per analisi multiparametrica. La dose. Effetti biologici delle radiazioni ionizzanti. Danneggiamento stocastico e non-stocastico. Definizione e misura delle principali grandezze dosimetriche. Elementi di radioprotezione e dosimetria personale. Il principio di compensazione e l'equilibrio degli elettroni secondari. Il teorema della cavità. Cenni alle applicazioni sanitarie dei fasci ionici. Sorgenti radioattive artificiali e naturali nell'ambiente; problemi connessi. Il caso del radon: rischi e opportunità. Principali tecniche di monitoraggio ambientale. Misure in campo e tecniche di campionamento. L'analisi elementale. Spettrometria di massa. L'uso dell' AMS per la ricerca degli isotopi rari.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Per affrontare in modo adeguato questo corso lo studente deve possedere una preparazione adeguata di base (fisica classica ed analisi infinitesimale), una buona conoscenza dei fondamenti della meccanica quantistica e della fisica moderna.		

Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale con discussione di un elaborato progettuale. Prova finale in laboratorio.

75 - Insegnamento: MODELLIZZAZIONE DEI SISTEMI BIOLOGICI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso fornisce un'introduzione all'utilizzo di metodi della fisica teorica a problemi moderni di biologia. I metodi utilizzati comprendono l'utilizzo della meccanica statistica, la risoluzione di equazioni differenziali, dinamiche Monte Carlo, tecniche di ottimizzazione e inferenza, analisi delle proprietà delle reti, e altri. I problemi che verranno trattati vanno dal livello delle singole molecole (proteine, DNA), a comportamenti collettivi di insiemi di molecole o cellule (reti di regolazione genica, reti neurali), alla evoluzione genetica delle popolazioni ed alla modellizzazione della diffusione delle epidemie.		
Programma sintetico: Modelli epidemiologici e di dinamica di popolazioni: Dinamica di popolazioni - Accrescimento Malthusiano; Dinamica di popolazioni - Modello logistico continuo; Equazione logistica per la diffusione di un'infezione; Popolazioni interagenti - Modello lineare; Popolazioni interagenti - Modello di Lotka-Volterra; Malattie infettive – Modello SIR; Immunità temporanea - Modello SI(R); Nessuna immunità – Modello SI; Voter Model; Modelli IBM. Genetica di popolazione: Elementi di genetica; Genotipi e frequenze alleliche; Random Mating; Legge di Hardy-Weinberg; Deriva genica; Decadimento della eterozigosità; Drift e mutazioni; La teoria Neutra; Selezione Naturale; Fitness relativa; Tipi di selezione; Bilancio mutazione-selezione; Eterozigosità e selezione; Selezione e drift; Probabilità di fissazione; Nonrandom mating; Legge di Hardy-Weinberg generalizzata; Inbreeding. Modelli di epigenomica: Tecnologie High-throughput (THT); Algoritmi di Bioinformatica e Biologia Computazionale per le THT; Concetti base di Epigenomica e relativi modelli fisici; Concetti base di Architettura della Cromatina e relativi modelli fisici. Modellizzazione delle reti neurali: Fisiologia del neurone; Modelli di neurone; Modello di Hopfield; Reti feed-forward		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenze di base di programmazione		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.		

76 - Insegnamento: OTTICA QUANTISTICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Natura quantistica del campo elettromagnetico, stati coerenti e squeezed della radiazione, trattazione quantistica dell'interazione radiazione-materia, entanglement di fotoni e nozioni introduttive di scienza dell'informazione quantistica. Saper formulare previsioni teoriche quantitative e comprendere risultati sperimentali relativi a processi fotonici o di interazione radiazione-materia, anche in relazione alla tecnologia dell'informazione quantistica.		
Programma sintetico: <i>Teoria quantistica della radiazione:</i> Quantizzazione del campo elettromagnetico, operatori di creazione e annichilazione, stati numero di Fock di singolo modo e di multimodo, Lamb shift. <i>Stati coerenti e squeezed:</i> stati coerenti, stati squeezed e relazioni d'indeterminazione, l'operatore di spostamento e di squeezing, stati squeezed coerenti. Tomografia quantistica. <i>Interferenza campo-campo e fotone-fotone:</i> Rivelazione dei fotoni e funzioni di correlazione quantistica, coerenza al prim'ordine, coerenza al second'ordine ed esperienza di Hambury-Brown e Twiss, interferenza fotone-fotone (effetto Hong-Ou-Mandel), misura di stati squeezed mediante omodina ottica, bunching e antibunching dei fotoni, statistiche sub-Poissoniane e super-Poissoniane. <i>Il paradosso EPR e test sulla meccanica quantistica:</i> Il paradosso EPR, disuguaglianze di Bell (nonlocalità quantistica), il paradosso GHZ, il paradosso di Hardy. Teorema di Kochen-Specker e contestualità quantistica. <i>Crittografia quantistica e teletrasporto:</i> La crittografia quantistica, il protocollo di Bennett-Brassard, la crittografia quantistica basata sul teorema di Bell. Il teletrasporto quantistico. <i>Elementi di computazione quantistica:</i> Qubit, algoritmo di Shor, porte logiche quantistiche, circuiti quantistici, correzione errori, metodi di implementazione fotonici. Il protocollo KLM. Computazione quantistica one way mediante cluster fotonici.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenza dell'elettromagnetismo e della meccanica quantistica almeno al livello della laurea triennale, preferibilmente più avanzata.		

Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.
--

77 - Insegnamento: PEDAGOGIA GENERALE E SOCIALE	
Settore Scientifico - Disciplinare: M-PED/01	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire elementi di conoscenza relativi ai temi più importanti e dibattuti sul fronte della pedagogia generale e sociale, nel contesto delle scienze della formazione. Attraverso lo studio di alcune categorie basilari del sapere pedagogico - inteso come scienza che coniuga una dimensione teoretica ed una dimensione empirica - si viene ad aprire un confronto e un dialogo con gli studenti, sulle frontiere più avanzate della ricerca educativa in una prospettiva interdisciplinare.	
Programma sintetico: La formazione come processo continuo, categoria fondante della ricerca pedagogica attuale. Ambiti, livelli e dimensioni della formazione. La pedagogia come scienza e le sue "fonti" una prospettiva interdisciplinare. La pedagogia nel contesto delle scienze della formazione. Pedagogia generale e pedagogia sociale: oggetti e contesti. La ricerca teoretica in educazione. La ricerca empirica in educazione. Metodologie e strumenti di ricerca empirica e di ricerca intervento in educazione. Metodologie e strumenti di progettazione e valutazione degli interventi educativi.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale	

78 - Insegnamento: PSICOLOGIA DELLO SVILUPPO: TEORIE E METODI	
Settore Scientifico - Disciplinare: M-PSI/04	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Il primo modulo si propone, in particolare, di offrire una preparazione di base inerente i fondamenti epistemologici della psicologia dello sviluppo che consentano allo studente di affrontare in modo critico le problematiche inerenti il cambiamento evolutivo nel corso dell'arco di vita. A tal fine, attraverso l'analisi critica delle teorie tradizionali, il modulo intende promuovere una riflessione sull'evoluzione dei principali modelli esplicativi ed interpretativi dello sviluppo, fino a quelli più recenti introdotti dalle teorie interazioniste e contestualiste. In quest'ambito saranno esaminati la natura ed i fattori dello sviluppo, i contesti, i compiti peculiari delle diverse fasi del ciclo di vita, con particolare riguardo a quelli inerenti le prime fasi di sviluppo, dalla nascita fino alla pubertà. Ed inoltre, con riferimento a queste fasi, saranno focalizzati i cambiamenti evolutivi che avvengono nei diversi ambiti psicologici: motorio, percettivo, comunicativo-linguistico, cognitivo, emotivo e affettivo-relazionale e sociale. Il secondo modulo si pone l'obiettivo di offrire le conoscenze di base inerenti i principali metodi e strumenti di valutazione dello sviluppo e dei principali metodi di indagine utilizzati per la rilevazione delle diverse dimensioni dello sviluppo. Saranno presentate le proprietà psicometriche e discusse criticamente potenzialità e limiti dei diversi metodi e strumenti presentati.	
Programma sintetico: Le origini della psicologia dello sviluppo e i nodi teorici attuali. Natura e fattori del cambiamento evolutivo, continuità e discontinuità. Percorsi e traiettorie di sviluppo (variabilità intra e interindividuale). Analisi critica delle concezioni tradizionali dello sviluppo. Modelli probabilistici, multicausali e multidimensionali. Il Contestualismo evolutivo. La persona come sistema aperto, autoregolato e auto costruito. Fattori vincolanti e facilitanti lo sviluppo. La vita prenatale e neonatale. I principali cambiamenti inerenti lo sviluppo fisico, motorio, percettivo, comunicativo-linguistico, socio-cognitivo, emotivo, affettivo-relazionale e sociale durante la prima infanzia e la fanciullezza. Conoscenza ingenua e conoscenza scientifica in psicologia dello sviluppo. L'approccio allo sviluppo basato sulla ricerca scientifica. La validità ecologica della ricerca in psicologia dello sviluppo. Ricerca longitudinale, trasversale e sequenziale. Metodo sperimentale, metodo osservativo. Strumenti e tecniche di valutazione dello sviluppo. I principali tipi di test di livello I principali test di personalità in età evolutiva	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale	

79 - Insegnamento: PSICOMETRIA	
Settore Scientifico - Disciplinare: M-PSI/03	CFU: 8

Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: L'obiettivo del corso è presentare i concetti fondamentali della teoria e dei metodi psicometrici, partendo dalle nozioni fondamentali di statistica applicata alla psicologia fino alla discussione degli strumenti del questionario e dei test in ambito psicologico. Inoltre il corso comprenderà una trattazione dei concetti di probabilità e di distribuzioni campionarie per affrontare problemi di verifica delle ipotesi.	
Programma sintetico: La misurazione in psicologia: teoria della misurazione, scale di misure e variabili. L'attendibilità. La validità. Fondamenti di psicometria e statistica descrittiva: frequenze e distribuzioni di frequenze; tabelle e grafici; media, moda e mediana; deviazione standard e varianza; standardizzazione, distribuzione normale e suo uso in psicologia, correlazione, regressione tra due variabili. Statistica inferenziale ed analisi dei dati: concetto di probabilità, popolazioni e campioni, parametri e indicatori, le distribuzioni campionarie e il loro uso, principi generali di verifica delle ipotesi e principali test statistici. Metodi di raccolta dati in psicologia: introduzione alla tecnica del questionario. Introduzione ai test psicologici. La classificazione dei test.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale	

80 - Insegnamento: REAZIONI NUCLEARI	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/ 04	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire allo studente un quadro di base della teoria quantistica della diffusione e della sua applicazione al caso delle collisioni nucleo-nucleo facendo ampio riferimento alle tecniche sperimentali ed a risultati di misure riportate in letteratura. Lo studente alla fine del corso sarà in grado di leggere un lavoro riguardante una misura di fisica nucleare, individuare le fasi sperimentali, comprendere l'informazione contenuta nei grafici, interpretarne i risultati e come questi si rapportano ai diversi modelli che possono essere utilizzati per descrivere le caratteristiche dei nuclei atomici. Richiami sulla struttura e sulle proprietà del nucleo: Leggi di conservazione e simmetrie. Massa ed energia di legame. Fenomenologia delle reazioni nucleari: Nota storica sulle reazioni nucleari. Teoria classica della diffusione. Diffusione e meccanica quantistica. Reazioni inverse; teorema di reciprocità. Astrofisica Nucleare: Reazioni di fusione a bassa energia. Nucleosintesi primordiale (BBN), e in combustione stellare. Elementi di teoria formale della diffusione: Sezione d'urto. Equazione di Schrödinger per una particella diffusa da un potenziale e hamiltoniana d'interazione. Sviluppo in onde parziali; espressioni asintotiche. Matrice di diffusione e sfasamenti. Teoria semiclassica WKB (Wentzel-Kramers-Brillouin). Approssimazione di Born in onde piane (PWBA) ed in onde distorte (DWBA). Equazione integrale della diffusione; operatori e funzioni di Green. Teoria elementare delle risonanze isolate. Diffusione elastica e nucleo composto; Stati isobarici analoghi ed eccitazione risonante. Teoria del continuo e modello per la formazione e decadimento del nucleo composto. Modelli: Assorbimento forte. Sharp e smooth cutoff. Modelli diffrattivi. Modello ottico. Reazioni Dirette: approssimazione di Born. Diffusione anelastica. Reazioni di trasferimento: stripping, pick-up, knock-out. Reazioni di nucleo composto.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Per affrontare questo corso allo studente è richiesta una preparazione di base sia in fisica classica ed analisi infinitesimale, sia una buona conoscenza dei fondamenti della meccanica quantistica e della fisica moderna.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.	

81 - Insegnamento: RELATIVITÀ GENERALE E GRAVITAZIONE	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire conoscenza avanzate della relatività generale e de in generale della teoria della gravitazione. Sviluppando le applicazioni alla cosmologia e dando gli strumenti per la comprensione della importanza della curvatura dello spazio-tempo e della sua geometria.	

Programma sintetico:	
Basi fisiche della Relatività Generale. Introduzione alla geometria differenziale. Riformulazione quadri-dimensionale covariante della meccanica classica dei sistemi continui e della teoria della gravitazione di Newton, mediante la connessione di Cartan. Formulazione delle equazioni di campo di Einstein. Test classici della teoria: precessione del perielio dei pianeti, deflessione dei raggi luminosi, spostamento verso il rosso delle righe spettrali. Studio di soluzioni particolari; metrica di Schwarzschild, soluzione interna a una stella fluida in equilibrio, estensione di Kruskal della metrica di Schwarzschild. Linearizzazione e gauge-fixing delle Equazioni di Einstein: onde gravitazionali. Introduzione alla Cosmologia, Metrica di Friedman-Robertson-Walker e modello Standard, il problema della costante cosmologica.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Conoscenza di base della fisica classica.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.	

82 - Insegnamento: SENSORI, RIVELATORI ED ELETTRONICA ASSOCIATA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Comprendere la fisica sottostante il funzionamento dei sensori più comuni e approfondimento di alcuni dei rivelatori più utilizzati in fisica della materia, fisica medica e fisica nucleare e delle particelle. Introduzione ai segnali e alla teoria dei sistemi attraverso l'uso delle trasformate di Laplace e delle funzioni di trasferimento. Analisi e sintesi di circuiti digitali combinatori e sequenziali (teoria degli automi a stati finiti). Basi su piattaforme hardware (Arduino) e single board computer (Rasberry-Pi) e dei principali software di controllo ed acquisizione dati (MathLab-Simulink, LabView, Python). Analisi e progettazione di sistemi di misura basati su sensori e rivelatori.		
Programma sintetico (sillabo): Caratteristiche generali dei rivelatori e dei sensori. Processi fisici alla base dei sensori. Esempi di sensori. Rivelatori di particelle, alcuni esempi mirati anche in base alle richieste degli studenti. Approfondimento su fotorivelatori al silicio e fototubi. Elettronica: Introduzione ai segnali e sistemi. Il metodo della trasformata di Laplace. L'algebra di Boole e l'algebra delle porte. Azzardi statici e dinamici. Sintesi di funzioni logiche. Reti sequenziali: teoria degli automi a stati finiti. Sintesi di circuiti sequenziali. Circuiti integrati digitali. Standard elettrici dei livelli logici digitali, dispositivi three state e open-collector, wired -OR. L'analogico incontra il digitale: ADC e TDC, discriminatori. Memorie, dispositivi logici programmabili. Cenni sull'architettura dei computer, trasmissione dati: BUS, data-link, esempi di bus paralleli e seriali. Cenni sui microcontrollori. Un esempio di single-board computer: Il Raspberry-Pi. Un esempio di piattaforma hardware: Arduino. Esempi di software per il controllo e l'acquisizione dati in vari linguaggi: C, Python, LabView, Matlab-Simulink.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenze di base sull'interazione radiazione materia, elettronica analogica e digitale, rivelatori di particelle al livello tipicamente acquisito durante i corsi fondamentali della laurea triennale in fisica.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.		

83 - Insegnamento: SCIENZA, TECNOLOGIA E SOCIETÀ		
Settore Scientifico - Disciplinare: SPS/07		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: L'obiettivo dei corsi con questa denominazione, in ambito internazionale, è di introdurre nell'analisi socio-culturale una prospettiva che si interroghi sulla relazione tra i cambiamenti nella scienza e nella tecnologia, da una parte, ed il significato attribuito a ciò che si considera "umano" e a ciò che si considera "sociale", dall'altra; nella riflessione sulla scienza e la tecnologia, una prospettiva che si interroghi sui valori umani di cui esse sono storicamente espressione e tra i quali contribuiscono a riconfigurare dilemmi e conflitti. Nella costruzione di una formazione psicologica, l'obiettivo ulteriore è sollecitare la capacità di declinare le tematiche psicologiche (es. sviluppo cognitivo/affettivo/emotivo, socializzazione, interazione), in relazione ai contesti socio-tecnici che ne costituiscono l'ambiente; di decifrare il significato dell'agire entro i contesti concreti di azione in cui si realizza, anche quando questi si configurino come ecologie umane e non umane dense di elementi tecno-scientifici. Nella formazione si introducono, dunque, la competenza per cogliere la dimensione sociologica dell'agire e la consapevolezza della dimensione riflessiva e performativa della conoscenza, compresa la conoscenza psicologica; la capacità di ricostruire il significato dell'agire inserendolo nella rete di riferimenti di senso che lo sostiene e lo orienta.		

Programma sintetico (sillabo):
Il corso prevede una prima parte generale, in cui si introducono i concetti e le teorie di riferimento per le tematiche trattate, e una seconda parte, in cui concetti e teorie sono declinati in riferimento alle diverse componenti dello spazio d'azione (sistema biopsichico, socioculturale, economico e politico). Su questa seconda parte studenti e studentesse saranno invitati/e a costituire gruppi di lavoro specifici.
Esami propedeutici:
Prerequisiti:
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.

84 - Insegnamento: SISMOLOGIA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/06		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di introdurre alle conoscenze ed alla comprensione dei fenomeni sismici causati da processi di frattura interni alla crosta terrestre e all'origine dei terremoti e del loro impatto sull'ambiente costruito. Saranno descritte le teorie ed i modelli più recenti che descrivono la sorgente sismica e le onde da essa prodotte. Inoltre saranno presentate ed applicate in esercitazione le metodologie che sono attualmente in uso per la determinazione delle proprietà delle sorgenti sismiche. Il corso ha lo scopo di fornire allo studente le basi teorico-sperimentali e gli strumenti numerici per l'analisi e la modellazione dei sismogrammi e dei dati sismici in generale. Il corso fornirà gli strumenti teorici per lo sviluppo della simulazione numerica dei segnali sismici prodotti da sorgenti estese ed in mezzi eterogenei. Nella parte esercitativa lo studente svolgerà studi e ricerche analoghi a quelli affrontati nei laboratori moderni di sismologia, utilizzando le tecniche più avanzate per l'analisi dei segnali.		
Programma sintetico: Modulo 1. Introduzione alle osservazioni sismologiche. Scale di osservazione dei fenomeni sismici: dimensione della sorgente, reti sismiche, intervallo di frequenza / lunghezza d'onda. Imparare a leggere e interpretare i sismogrammi Modulo 2. Elementi di elaborazione del segnale sismico. Elementi dell'analisi di Fourier. Convoluzione, filtri. Modulo 3. Note introduttive sulla sorgente sismica. Il processo di rottura e la dislocazione su faglia. La funzione del Green e le proprietà delle onde di volume. Approssimazione ad alta frequenza del campo d'onda Modulo 4. L'approssimazione di sorgente puntiforme. Teoria, definizione e misura del momento sismico. Modulo 5. Magnitudo e leggi di scala dei parametri sismici. Localizzazione dei terremoti: approccio globale e linearizzato Modulo 6. Meccanismi focali. Dislocazione vs modelli di forze coppia-doppia. Diagramma di radiazione per le onde P e S. Il metodo per calcolare i meccanismi focali. Tipi di faglia e interpretazione del meccanismo focale Modulo 7. L'approssimazione di sorgente estesa. L'approccio cinematico e sismogrammi sintetici: esempi ed applicazioni. Modulo 8. Il modello di frattura di Haskell e circolare. L'effetto di direttività. Stima della dimensione della frattura sismica dai sismogrammi. Dinamica della frattura. Il modello "crack" e la soluzione di Kostrov. Modulo 9. La frattura circolare: storia della dislocazione e dello sforzo applicato. Rilascio di sforzo statico e dinamico. Il problema dell'arresto della rottura. Complessità della frattura sismica: esempi di osservazioni di terremoti recenti. Modulo 10. Early Warning sismico: concetti di base, tecnologie e metodologie.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: E' richiesta una buona familiarità con i concetti e principi dell'Algebra Lineare, Equazioni differenziali, Calcolo Vettoriale, Analisi di Fourier, Analisi dei Segnali, Probabilità e Statistica. Alcuni elementi delle suddette discipline saranno tuttavia richiamati durante il corso, ed applicati attraverso esercitazioni.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.		

85 - Insegnamento: SISTEMI COMPLESSI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso fornisce gli strumenti che sono usati nella modellizzazione di sistemi complessi, non solo in fisica ma anche in biologia e scienze economiche. Il suo scopo è lo sviluppo delle capacità di modellizzazione negli ambiti più svariati.		

Programma sintetico: Questo è un corso avanzato di Meccanica Statistica sulla Teoria dei Sistemi Complessi in Fisica. Gli argomenti del corso partono dalla teoria delle variabili casuali e dei processi stocastici; alla meccanica statistica di equilibrio e fuori equilibrio; alla teoria delle transizioni di fase, dei fenomeni critici e dei comportamenti collettivi emergenti; la fisica dei polimeri e dei sistemi magnetici disordinati; le tecniche del gruppo di rinormalizzazione e il concetto di “universalità”; 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, per evidenziare il legame col mercato del lavoro internazionale nell’ambito della ricerca e del business.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.	

86 - Insegnamento: SISTEMI FISICI DISCRETI E TECNICHE DI PROGRAMMAZIONE AVANZATE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso ha lo scopo di consentire l'acquisizione di ulteriori competenze nella realizzazione di sistemi discreti per l'elaborazione dei segnali. di fornire le basi per l'analisi, la simulazione e il controllo di sistemi fisici reali con caratteristiche lineari. Lo studente svilupperà le proprie capacità applicative attraverso l'apprendimento di tecniche di programmazione avanzata con il software di simulazione Matlab/Simulink, che riserva anche la possibilità di tradurre il modello, del sistema fisico realizzato, in progetto hardware, mediante FPGA.		
Programma sintetico: Il programma è articolato in • revisione dei contenuti teorici : onde stazionarie. linee di trasmissione e guide d'onda. • sviluppo di ulteriori competenze nell'uso di matlab, dei filtri numerici e dei filtri d'onda. • introduzione a Matlab/Simulink. Come entrare in ambiente matlab/simulink, come costruire un file per un modello in Simulink. e come manipolare i blocchi. L'esame della modellizzazione in ambiente Matlab e Simulink prevede la realizzazione di: • generatori di segnali attraverso la selezione di funzioni matematiche, onde e funzioni complesse. • moduli per la soluzione di equazioni differenziali ordinarie ed equazioni alle differenze. • moduli per la soluzione di problemi di algebra matriciale collegati al DSP. • moduli per circuiti elettrici. • moduli specifici per problematiche di signal processing. Analisi di Fourier. Filtri FIR e IIR z –transform. Poli e zeri. Filtri del I ordine a un polo/a uno zero. Filtri del II ordine. Linee di trasmissione. Filtri d'onda. Esame di sistemi meccanici: La corda ideale - I tubi acustici ideali - Il sistema vocale umano. Loro discretizzazione ed eventuale fattorizzazione in parti con realizzazione dei moduli in Simulink.		
Esami propedeutici: Analisi ed Elaborazione dei segnali.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Discussione di un progetto scritto e orale.		

87 - Insegnamento: SPETTROSCOPIA OTTICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Acquisizione di conoscenze teorico-pratiche su alcune delle principali tecniche spettroscopiche ottiche, con particolare rilievo alla spettroscopia laser risolta in tempo. Acquisizione di conoscenze sulla generazione e caratterizzazione di impulsi laser ultrabrevi.		

Programma sintetico:	
1) Meccanismi di assorbimento ed emissione di radiazione luminosa (richiami); 2) Righe spettrali: proprietà caratteristiche e fenomeni correlati; 3) Cenni di ottica non lineare: generazione di II e III armonica, generazione di frequenza somma e differenza, generazione e amplificazione parametriche, indice di rifrazione non lineare e fenomeni connessi; 4) Spettrofotometria; 5) Spettroscopia F-TIR; Spettroscopie Doppler-limited e Doppler-free; 6) Tecniche di spettroscopia laser lineare e non-lineare: 6.1 Spettroscopia ottica in emissione e in assorbimento; 6.2 Laser induced breakdown spectroscopy e Laser Induced Plasma Spectroscopy; 6.3 Laser Induced Fluorescence spectroscopy; 7) Sorgenti laser al femtosecondo e loro principali tecnologie costruttive; 7.1) Tecniche di caratterizzazione di impulsi ultracorti; 8) Tecniche spettroscopiche risolte in tempo; 8.1 Assorbimento transiente; 8.2 Fluorescence up-conversion; 8.3 Spettroscopia multifotonica (cenni); 8.4 Spettroscopia Raman; 9) Applicazioni: 9.1 Tecniche spettroscopiche per lo studio e il monitoraggio dell'ambiente; 9.2 Tecniche spettroscopiche per l'analisi dei materiali; 9.3 Tecniche spettroscopiche in biologia.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Conoscenze acquisite nei corsi obbligatori della laurea triennale di Fisica della Materia e di Laboratorio.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale ed eventuale tesina su esperienza di laboratorio.	

88 - Insegnamento: STORIA DELL'ASTRONOMIA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire conoscenze di base della storia dell'astronomia, dai suoi primi sviluppi nelle civiltà antiche più note fino alla nascita della moderna astrofisica e cosmologia.		
Programma sintetico: Cenni di Archeoastronomia: l'astronomia prima degli strumenti astronomici. Astronomia sulle rive del Tigri e del Nilo. Astronomia Maya. I modelli dei filosofi greci. L'astronomia dopo i greci. L'astronomia araba. L'Europa prima di Copernico. Copernico e il "de Revolutionibus". Il difensore di Copernico: Giordano Bruno. Tycho Brahe. Kepler. Galilei. Il problema della longitudine. La prima misura della velocità della luce. Hooke, Halley. Isaac Newton e la nascita dell'astrofisica. William Herschel. Il problema della misura delle distanze. Storia delle osservazioni del transito di Venere. La nascita della spettroscopia. Il problema dell'età del Sole. L'esperimento di Michelson e Morley. Le dimensioni della Galassia: da Leavitt ad Hubble. Lo sviluppo della cosmologia osservativa. La storia del "lensing gravitazionale".		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

89 - Insegnamento: STORIA DELLA FISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/08		CFU: 8
Tipologia attività formativa: A scelta – Affine e integrativo	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: La finalità del corso è quella di integrare criticamente, attraverso percorsi storici, la fisica classica studiata durante i corsi del primo e secondo anno 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 nella applicazione delle proprie conoscenze, parteciperà ad attività di laboratorio per acquisire familiarità con le metodologie esposte.		
Programma sintetico: Il corso intende presentare le principali idee che hanno dato origine alla scienza contemporanea. Il programma è sviluppato in due moduli. Il primo modulo riguarda la rivoluzione scientifica nel Seicento e che inizia con la pubblicazione del trattato di Copernico e prosegue con le ricerche condotte da Galilei e Newton. Il secondo modulo prende in esame le indagini teoriche e sperimentali che a partire dal Settecento portarono all'analisi dei fenomeni elettrici e magnetici e nell'Ottocento all'individuazione del carattere universale dell'interazione elettromagnetica		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Meccanica e Termodinamica; Elettromagnetismo e Ottica		

Modalità di accertamento del profitto: Esame orale

90 - Insegnamento: TECNICHE DI ACCELERAZIONE E TRASPORTO DEI FASCI DI PARTICELLE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire conoscenze di ottica, dinamica ed accelerazione di fasci di particelle con applicazioni in fisica, medicina, diagnostica ed industria.		
Programma sintetico: Classificazione degli acceleratori. Elementi di dinamica di singola particella nei campi di un acceleratore ed elementi di ottica. Elementi di dinamica longitudinale di un fascio in un acceleratore. Cenni sulle cavità a radiofrequenza e sulle applicazioni in campo medico.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

91 - Insegnamento: TECNICHE DI ACQUISIZIONE DATI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Conoscenza delle serie e trasformate di Fourier e Laplace, capacità di comprendere un testo tecnico in Inglese ed uno schema di elettronica. Essere in grado di tradurre le specifiche tecniche in un programma o uno schema di sistema integrato per l'acquisizione dati e controllo. Capacità di progettare un sistema di acquisizione e/o controllo a partire dalla misura fisica da effettuare.		
Programma sintetico: 1. Inquadramento, utilizzo degli elaboratori in esperimenti di fisica. 2. Sensori: Principi di funzionamento, caratteristiche comuni a tutti i sensori e trasduttori. Esempi di sensori: Velocità, Posizione, Pressione, Temperatura, Sensori di radiazione, di luce, Fotodiodi, CCD. 3. Sistemi e modelli matematici – nozioni di base sui controlli automatici 4. Condizionamento dei segnali di misura: necessità, amplificatori operazionali: varie configurazioni, Filtri. 5. Digitalizzazione delle informazioni: DAC, ADC, e loro caratteristiche principali, esempi di tecniche di conversione. 6. Trasmissione delle informazioni: Generalità, varie topologie, trasmissione seriale, trasmissione parallela, sincrona/asincrona. Protocollo RS232/422/485 e segnali di controllo. Esempi di interfacciamento. Caratteristiche dei bus: linee dati, linee indirizzi, linee di controllo. Arbitraggio 7. Sistemi operativi e S.O. in real time. 8. Strumentazione modulare. 9. Strumentazione virtuale LabView. 10. Attività sperimentale in laboratorio su semplici sistemi di acquisizione con microcontrollori.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenza di un linguaggio di programmazione, dei concetti di base sui computer e basi di elettronica analogica e digitale.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale.		

92 - Insegnamento: TECNICHE SPERIMENTALI PER LA FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso avvia lo studente alla conoscenza dei metodi avanzati e moderni in uso negli esperimenti di Fisica delle Particelle Elementari. Lo studente sarà in grado di comprendere e finalizzare le tecniche progettuali che caratterizzano i moderni esperimenti. Lo studente valorizzerà la sua capacità di scelta fra le varie possibilità tecnologiche e le esporrà in forma di progetti avanzati dimostrando il livello della sua autonomia di giudizio critico, della sua abilità nella comunicazione e della sua capacità di apprendere.		

Programma sintetico:	
Tecniche sperimentali di base utilizzati nella rivelazione di particelle e radiazione di origine naturale e artificiale. Principi fisici di funzionamento dei rivelatori di radiazione e particelle. Principi fisici che determinano la rivelabilità della radiazione e delle particelle. Dipendenze funzionali di questi fenomeni dall'energia della radiazione incidente e dal mezzo in cui essa interagisce. Tecniche di rivelazione a gas, a scintillazione e a semiconduttore. Sistemi di tracciamento delle particelle ed identificazione mediante spettometri magnetici. Identificazione di particelle adroniche ed elettromagnetiche mediante uso di calorimetri a basse ed ad alte energie, Metodi calorimetrici. Rivelazione di neutroni. Elettronica di lettura: amplificazione dei segnali, discriminazione, integrazione di carica, misure di tempo. Conversioni analogiche digitali. Concetto di risoluzione e precisione di misura. Interpretazione dei dati sperimentali da un rivelatore. Parti essenziali di un esperimento di Fisica delle particelle e delle astroparticelle. Nozioni base sull'elettronica di lettura dei segnali dei rivelatori e tecniche di acquisizione dati. Simulazioni ed analisi dati, metodi Montecarlo. Particelle di origine cosmica e tecniche di accelerazione. Principi base dei moderni acceleratori di particelle.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.	

93 - Insegnamento: TEORIA CLASSICA DEI CAMPI	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà conoscenze delle teorie di campo e di gauge alla base dei più noti modelli di descrizione delle interazioni fondamentali e sarà in grado di capire il linguaggio fisico-matematico utilizzato nella moderna teoria dei campi. Lo studente sarà in grado di applicare le tecniche della geometria differenziale alle teorie di gauge e alla relatività generale.	
Programma sintetico: 1. Calcolo differenziale su varietà. Campi vettoriali e forme. Algebra esterna. Derivazioni; Orientabilità ed integrazione su varietà. 2. Teoria dei Gruppi. Definizioni; Varietà e gruppi quoziente; ^[L] _[SEP] Gruppi di Lie; Gruppo GL(2,C) e suoi sottogruppi; Algebra di Lie; Azione destra e sinistra; Campi e forme invarianti a sinistra e a destra; Azione di un gruppo su una varietà, orbita e gruppo di isotropia; Gruppi di relatività: Gruppo di Poincaré e di Galilei; ^[L] _[SEP] 3. Geometria Riemanniana : Teoria di Hodge; Equazioni di Maxwell; Operatore di Laplace-de Rham ed equazione delle onde. ^[L] _[SEP] 4. Formalismo lagrangiano ed hamiltoniano; Principi variazionali; Simmetrie e Teorema di Noether; Varietà simplettiche e di Poisson; Equazioni di Eulero-Lagrange e di Hamilton in forma intrinseca. ^[L] _[SEP] 5. Teoria dei Campi: Sistemi ad infiniti gradi di libertà; Campi scalari, equazione di Klein-Gordon, Campi vettoriali, equazione di Proca e funzioni di Green; Funzione di Schwinger e problemi di Cauchy per campi liberi; ^[L] _[SEP] Principio d'azione di Schwinger; Teorema di Noether e correnti conservate. 6. Teorie di gauge abeliane e non-abeliane. Rottura spontanea di simmetria e meccanismo di Higgs. Teoria dei vincoli di Dirac. 7. Geometria Riemanniana II Trasporto parallelo, Connessione affine; ^[L] _[SEP] Derivata covariante; Geodetiche; Connessione di Levi-Civita; Torsione, Tensore di Riemann, Tensore di Ricci e Curvatura scalare; Campi di Killing, campi di Killing conformi. 8. Spazi Fibrati e Connessioni: ^[L] _[SEP] Fibrati principali; Fibrati vettoriali associati; ^[L] _[SEP] Connessioni di gauge su fibrati. ^[L] _[SEP] Teorie di Yang Mills. 9. Relatività Generale: Azione di Einstein Hilbert; Equazioni di Einstein; Invarianza per diffeomorfismi dell'azione di Einstein-Hilbert; Relatività generale come teoria di gauge per il gruppo di Lorentz; Azione di Palatini.	
Esami propedeutici: Elettrodinamica classica, Meccanica Quantistica.	
Prerequisiti: Conoscenza della formulazione covariante dell'elettrodinamica. Elementi di meccanica analitica (formulazione lagrangiana e hamiltoniana della meccanica).	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.	

94 - Insegnamento: TEORIA DEI GRUPPI E APPLICAZIONI	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):

Obiettivi formativi: Fornire alcune conoscenze fondamentali ed alcuni metodi della teoria dei gruppi e delle rappresentazioni dei gruppi necessari per una comprensione compiuta dei fondamenti della meccanica quantistica e della teoria quantistica dei campi, nonché strumenti utili in diversi settori della fisica teorica ed applicata (quantizzazione, meccanica quantistica sullo spazio delle fasi, quasi-distribuzioni quantistiche, analisi dei segnali mediante wavelets).	
Programma sintetico: <u>Nozioni basilari, esempi:</u> Assiomi; omomorfismi; sottogruppi; classi laterali; gruppi quoziente. Teoremi di isomorfismo. Azioni. Prodotti diretti e semidiretti. Gruppi ciclici, simmetrici, alternanti, diedrali. Gruppi ortogonale ed euclideo. Gruppi di Lorentz e di Poincaré. Gruppo di Heisenberg-Weyl (H-W). Gruppo simplettico. Gruppo unitario e sua immersione nel gruppo simplettico. Automorfismi del gruppo di H-W. <u>Gruppi di Lie:</u> Definizioni, proprietà, esempi notevoli (gruppi classici). Gruppi di Lie connessi. Componente connessa dell'identità. Gruppi di Lie semplicemente connessi. Algebre di Lie. <u>Analisi su gruppi topologici:</u> Misure invarianti su gruppi. Funzione modulare; unimodularità dei gruppi compatti. Prodotti semidiretti: struttura delle misure invarianti e delle funzioni modulari. Convoluzione. <u>Rappresentazioni:</u> Definizioni. Rappresentazioni unitarie di gruppi topologici. Rappresentazione regolare. Relazioni di intreccio; equivalenza unitaria. Operatori di coniugazione complessa; rappresentazione coniugata e rappresentazione controgradiente. Sottospazi invarianti; rappresentazioni riducibili ed irriducibili. Sottospazi ciclici, vettori ciclici, rappresentazioni cicliche. Decomposizione di una rappresentazione come somma diretta di rappresentazioni cicliche. Commutante e lemma di Schur. Unidimensionalità delle rappresentazioni irriducibili di un gruppo abeliano. <u>Simmetrie in meccanica quantistica:</u> Gruppo unitario-antiunitario di uno spazio di Hilbert. Simmetrie e teorema di Wigner. Teorema di Uhlhorn. Automorfismi di Kadison e di Jordan-Segal. <u>Analisi su gruppi abeliani:</u> Gruppi abeliani localmente compatti e gruppi duali. Trasformate di Fourier e di Fourier-Stieltjes. Teorema di Bochner. Teorema di inversione di Fourier. Teorema di Plancherel. Teorema di dualità di Pontrjagin. <u>Rappresentazioni proiettive:</u> Gruppo proiettivo di uno spazio di Hilbert; moltiplicatori; equivalenza tra moltiplicatori, moltiplicatori esatti; rappresentazioni proiettive: definizioni e teorema fondamentale. Estensioni centrali di gruppi localmente compatti ed equivalenza tra estensioni centrali. Estensioni centrali associate a moltiplicatori, topologia di Weil, classi di equivalenza. Estensioni centrali e rappresentazioni proiettive. <u>Rappresentazioni del gruppo di H-W:</u> Estensioni centrali e rappresentazioni proiettive di un gruppo vettoriale. Il gruppo di H-W come estensione centrale e classificazione delle rappresentazioni irriducibili; rappresentazioni di Schroedinger e rappresentazioni proiettive associate; stati coerenti. Sistemi di Weyl e forma integrata delle relazioni di commutazione canoniche. Teorema di Stone-von Neumann. <u>Rappresentazioni di gruppi compatti:</u> Fatti fondamentali. Relazioni di ortogonalità di Schur. Teorema di Peter-Weyl. <u>Rappresentazioni a quadrato integrabile:</u> Teorema di Duflo-Moore. Il caso dei gruppi compatti e del gruppo affine. Trasformata wavelet. Funzioni di Wigner.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Trattandosi di un insegnamento rivolto a studenti del secondo anno del Corso di Laurea Magistrale in Fisica, si presuppone una conoscenza di nozioni basilari di algebra, analisi, teoria degli operatori, relatività e meccanica quantistica. Il corso è autosufficiente per quanto concerne strumenti più avanzati.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.	

95 - Insegnamento: TEORIA DELLA STRUTTURA NUCLEARE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/04		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso intende presentare i principali modelli che sono alla base della descrizione della struttura nucleare e fornire una panoramica della fenomenologia ad essa connessa. In particolare il corso si propone di fornire allo studente la capacità di interpretare e descrivere quantitativamente la struttura di bassa energia dei nuclei al variare del loro numero atomico utilizzando differenti modelli . Ciò implica che, al termine del corso, lo studente avrà acquisito padronanza nell’applicazione di tali modelli oltre che dimestichezza con il formalismo e i concetti della meccanica quantistica su cui i modelli stessi sono fondati.		
Programma sintetico: Modelli nucleari: modelli collettivi e modelli microscopici. Momenti e transizioni elettromagnetiche. Modello rotazionale: effetti dell’interazione di Coriolis e fenomeno del “backbending”. Potenziale di Nilsson. Modello vibrazionale. Il formalismo della seconda quantizzazione. Teorema di Wick. L’interazione nucleone-nucleone: proprietà generali. Potenziali realistici. Teoria di Hartree-Fock. Eccitazioni particella-buca. Approssimazione di Tamm-Dancoff. Correlazioni nello stato fondamentale: approssimazione delle fasi casuali (RPA). Modello a shell nucleare: il problema dell’interazione efficace. Processi di trasferimento di singola particella: fattori spettroscopici e funzioni di overlap.		
Esami propedeutici: Fisica Nucleare		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

96 - Insegnamento: TEORIA DELLE STRINGHE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Una introduzione alla teorie delle superstringhe come teoria unificata delle particelle elementari e della gravità. Introduzione alla supersimmetria.		
Programma sintetico: 1) Introduzione storica 2) Particella puntiforme 3) Stringa bosonica, quantizzazione canonica 4) Stringa come teoria conforme in 2 dimensioni 5) interazioni di stringhe 6) quantizzazione BRST e path integral 7) azioni effettive 8) T-dualità e D-brane 9) Superstringhe 10) Supergravità IIA e IIB		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Meccanica quantistica, Teoria quantistica dei campi		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale ed esercizi settimanali.		

97 - Insegnamento: TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
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 saprà ricavare le ampiezze di scattering e le relative sezioni d'urto per teorie in interazione come $\lambda\phi^4$ e QED anche ad ordini perturbativi non banali.		
Programma sintetico: Symmetries and Group Theory: Elements of Group Theory; SO(2); Representations of SO(2) and U(1); Representations of SO(3) and SU(2); Representations of SO(N); Spinors; Lorentz Group; Representations of Poincaré Group. The Klein- Gordon field: Elements of classical field theory; KG field as Harmonic Oscillators; KG field in space-time; The propagator of KG field. The Dirac Field: The Dirac Equation; Quantization of the Dirac Field, Continuous and Discrete Symmetries of Dirac Field. The propagator of Dirac field Interacting Fields and Feynman Diagrams: Perturbation Theory; Perturbation expansion and the correlations functions. Wick's Theorem; Feynman diagrams; Cross section and the S-matrix; $\lambda\phi^4$ Theory Quantizing Electromagnetic field Quantization in the Coulomb Gauge, Gupta-Blauler quantization; The propagator of the e.m. field. Elementary Processes in QED QED; $e^+ e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-$; Compton scattering. Radiative Corrections: Introduction Soft Bremsstrahlung; The Electron vertex; Radiative Corrections: Formal developments Field strength renormalization; the LSZ reduction formula; The optical Theorem; The Ward-Takahashi Identity; Renormalization of the Electric charge. Functional Methods Functional quantization of scalar, electromagnetic and spinor field; Symmetries in the functional formalism. Systematics of renormalization Counting of Ultraviolet Divergences; Renormalized Perturbation Theory; Renormalization of $\lambda\phi^4$ and QED. Renormalization and symmetry Spontaneous Symmetry Breaking; The effective Action; The effective action as a generating functional; Goldstone's Theorem. The renormalization group Wilson's approach to renormalization theory; The Callan-Symanzik Equation; Evolution of coupling constants.		
Esami propedeutici: Elettrodinamica Classica, Meccanica Quantistica.		
Prerequisiti: Conoscenze di Elettrodinamica Classica e Meccanica Quantistica avanzata.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto.		

98 - Insegnamento: TEORIA STATISTICA DEI CAMPI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Alla fine del corso lo studente avrà una conoscenza approfondita di alcuni concetti avanzati di meccanica statistica, quali il gruppo di rinormalizzazione e la meccanica statistica di non equilibrio, la teoria di sistemi complessi quali i vetri di spin. Lo studente acquisirà la capacità di applicare i concetti appresi a modelli quali il modello di Ising, il modello percolativo, la particella browniana in un potenziale, i vetri di spin.		
Programma sintetico:		
Fenomeni critici Potenziali termodinamici, relazioni di scaling; Fluttuazioni, metastabilità, rottura spontanea di simmetria Modello di Ising 1D, 2D, a lungo range; Approccio variazionale al campo medio, funzioni di correlazione Rinormalizzazione in spazio reale; Autovalori termico e magnetico, leggi di scaling; Monte-Carlo Renormalization Group		
Modello di Landau Ginzburg Sviluppo perturbativo in λ , diagrammi di Feynman; Diagrammi 1-PI e funzioni di vertice, loop-expansion Rinormalizzazione, calcolo degli esponenti γ ed η , ϵ -expansion; Gruppo di rinormalizzazione Dimensionalità critica inferiore, modello σ non lineare; Transizione di Kosterlitz & Thouless		
Fenomeni di non equilibrio Equazione di Langevin, bagno termico di oscillatori armonici; Equazione di Fokker-Planck Tempo di primo passaggio e problema di Kramers; Oscillatore armonico smorzato quantistico Master equation quantistica		
Vetri di spin Approccio di replica, rottura della simmetria di replica; Approccio TAP; Metodo della cavità		
Esami propedeutici: Meccanica quantistica, Teoria quantistica dei campi o Meccanica quantistica dei molti corpi.		
Prerequisiti: Concetti base di meccanica statistica		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

99 - Insegnamento: TERMODINAMICA COMPUTAZIONALE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Introduzione alla termodinamica tramite la fisica statistica. Fornire strumenti per il calcolo dell'energia libera e quindi delle proprieta' termodinamiche dei materiali mediante simulazione numerica.		
Programma sintetico: - La prima legge della termodinamica: Fisica macroscopica, concetti termici, la prima legge, problemi (4 ore) - Seconda legge della termodinamica: La direzione dei processi naturali, microstati, il peso statistico dei macrostati, equilibrio in un sistema isolato, equilibrio in un sistema immerso in un bagno termico, distribuzione di Boltzmann, la seconda legge per variazioni infinitesime, disuguaglianza di clausius, l'energia libera di Helmholtz, potenziali termodinamici, lavoro massimo, la terza legge della termodinamica, problemi (10 ore) - Sistemi termodinamici: Altre forme della seconda legge, motori e pompe di calore, calore specifico, gas perfetto, l'entropia, l'entropia di mescolamento (paradosso di Gibbs), funzione di partizione, limite classico, distribuzione delle velocita' di Maxwell, equipartizione dell'energia, problemi (10 ore) - Equilibrio di fase: Condizioni di equilibrio, equazione di Clausius-Clapeyron, applicazioni (dipendenza dalla pressione del punto di fusione, del punto di ebollizione, pressione di vapore), il punto critico, problemi (6 ore) - Sistemi con numero variabile di particelle: Distribuzione di Gibbs, gas perfetto quantistico, le distribuzioni di Fermi-Dirac e Bose-Einstein, limite classico. Modello elettroni liberi, calore specifico dei metalli, condensato di Bose-Einstein, termodinamica della distribuzione di Gibbs, fluttuazioni del numero di particelle, reazioni chimiche, problemi (10 ore) - Solidi: Approssimazione armonica, energia libera dell'oscillatore armonico, catena di oscillatori in una dimensione, relazioni di dispersione, problema tridimensionale, fononi, anarmonicità, integrazione termodinamica, metodi di simulazione numerica, Monte Carlo, dinamica molecolare, termostati. (8 ore) - Simulazioni al computer: Calcolo delle energie libere dei solidi in approssimazione armonica, dipendenza dal volume, espansione termica, (8 ore) integrazione termodinamica e anarmonicità' (tempo e risorse computazionali permettendo) (8 ore)		
Esami propedeutici: Meccanica quantistica		
Prerequisiti: Nessuno		
Modalità di accertamento del profitto: Relazione scritta		

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 segreteria@na.infn.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.