

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

REGOLAMENTO DIDATTICO

A.A. 2017/2018 e successivi

(prima approvazione: CCD 14-10-2016)

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

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

Manifesto degli Studi e piani di studio

1. Secondo quanto previsto dall'art. 46 dello Statuto, al fine dell'approvazione del Manifesto degli Studi da parte del Consiglio di Dipartimento, la CCD propone in particolare:
 - a) le alternative offerte e consigliate, per l'eventuale presentazione da parte dello studente di un proprio piano di studio;
 - b) le modalità di svolgimento di tutte le attività didattiche;
 - c) la data di inizio e di fine delle singole attività didattiche;
 - d) i criteri di assegnazione degli studenti a ciascuno degli eventuali corsi plurimi;
 - e) le disposizioni sugli eventuali obblighi di frequenza;
 - f) le scadenze connesse alle procedure per le prove finali.
2. Gli studenti non sono obbligati ad indicare previamente le attività formative a scelta autonoma, quando siano scelte nell'ambito degli insegnamenti attivati nell'Ateneo e in coerenza con gli obiettivi formativi del corso di studio.
3. I piani di studio individuali, contenenti la richiesta di approvazione di percorsi che si differenziano da quello indicato nell'Allegato B1, presentati alla Segreteria Studenti entro i tempi fissati dal Senato Accademico, saranno vagliati dalla CCD e, sulla base della congruità con gli obiettivi formativi specificati nell'Ordinamento Didattico, approvati, respinti o modificati. Per gli studenti in corso il Piano di Studio prevede le attività formative indicate dal Regolamento per i vari anni di corso integrate dagli insegnamenti scelti in maniera autonoma.
4. Per gli insegnamenti affini e integrativi lo studente può chiedere alla CCD di sostituire gli insegnamenti indicati nell'Allegato B1 con altri insegnamenti affini ed integrativi. La CCD valuterà la coerenza della richiesta con gli obiettivi formativi del Corso di Laurea e con l'Ordinamento Didattico.

ARTICOLO 7

Orientamento e tutorato

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

ARTICOLO 8

Ulteriori iniziative didattiche dell'Università

1. In conformità con l'art. 15 del RDA, la CCD può proporre di organizzare iniziative didattiche di perfezionamento, corsi di preparazione agli Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio delle professioni ed ai concorsi pubblici e per la formazione permanente, corsi per l'aggiornamento e la formazione degli insegnanti di Scuola Superiore. Tali iniziative possono essere promosse attraverso convenzioni con Enti pubblici o privati.

ARTICOLO 9

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 10

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 nel Manifesto degli Studi 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 11

Studenti a contratto

1. La Commissione determina, anno per anno, forme di contratto offerte agli studenti che chiedano di seguire gli studi in tempi più lunghi di quelli normali.

ARTICOLO 12

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 13

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, lì

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 nominata dalla CCD. A tal fine, costituisce un importante requisito di ingresso l'acquisizione 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.

Per 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") dell'Università di Napoli "Federico II" 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.

Qualora la preparazione dello studente venga 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 nel Manifesto degli Studi 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. Un blocco di insegnamenti comuni di circa 32 CFU fornisce una preparazione comune a tutti i laureati.	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, attraverso l'analisi e l'interpretazione di dati sperimentali, di risultati teorici e di modelli, sotto la supervisione di un responsabile.	Presenza di docenti altamente qualificati e coinvolti in attività di ricerca scientifica di livello internazionale in tutti i settori dei curricula proposti.	Prove di esame e prova 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.

B1.3

Articolazione in curricula

Il corso di Laurea Magistrale in Fisica prevede l'esistenza di 8 curricula:

- Curriculum "Astrofisica"
- Curriculum "Elettronica"
- Curriculum "Fisica Biomedica"
- Curriculum "Fisica della Materia"
- Curriculum "Fisica Nucleare"
- Curriculum "Fisica Subnucleare e Astroparticellare"
- Curriculum "Fisica Teorica"
- Curriculum "Geofisica"

Nel Manifesto degli Studi 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/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	Meccanica Statistica	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 “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	Astroinformatica	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				

Il corso a scelta autonoma può essere individuato liberamente nell'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 sia almeno di 8. I corsi devono tuttavia avere settori scientifico-disciplinari (SSD) che rientrino nel seguente elenco: CHIM/02, CHIM/03, CHIM/06, FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/06, FIS/07, FIS/08, GEO/01, GEO/08, GEO/10, GEO/11, GEO/12, INF/01, ING-INF/01, ING-INF/03, ING-INF/05, MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/04, MAT/05, MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09.

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "ASTROFISICA"							
<i>Elenco A – Insegnamenti a scelta di tipo astrofisico</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Astrofisica 2	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
2	Complementi di Cosmologia	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	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 fondamenti della fisica	FIS/02	LF
6	Planetologia Comparata	8	1			FIS/05 GEO/01	LF
7	Storia dell'Astronomia	8	1			FIS/05 FIS/08	LF
8	Tecnologie Astronomiche	8	1			FIS/01 FIS/05	LF+LAB

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	Fondamenti di Elettronica	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF

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

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	Meccanica Statistica	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				

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.

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

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	<i>Insegnamento a scelta n. 1 in elenco A</i>	8	1	Affine e integrativo			
7	<i>Insegnamento a scelta autonoma n. 1</i>	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"							
Elenco A – Insegnamenti integrativi a scelta							
	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	Misure 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	FIS/01	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	Reazioni Nucleari	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/01 FIS/04	LF
1	Fisica delle Particelle Elementari	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
2	Fisica Nucleare per i Beni Culturali e Ambientali	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
3	Meccanica Statistica	9	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
4	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	Elettronica Digitale	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
3	Complementi di Fisica delle Particelle Elementari	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	Fondamenti di Elettronica	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
6	Laboratorio di Sistemi Digitali	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
7	Programmazione a Oggetti per la Fisica	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
8	Sensori, Rivelatori ed Elettronica Associata	8	1	Affine e integrativo	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
9	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 SUBNUCLEARE E ASTROPARTICELLARE”							
Elenco dei corsi a scelta consigliati							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento

1	Meccanica Statistica	9	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
2	Teoria Quantistica dei Campi	8	1		Teorico e dei fondamenti della fi fisica	FIS/02	LF

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	<i>Insegnamento Affine e integrativo scelto dall'elenco A</i>	8	1	Affine e integrativo			LF
6	<i>Insegnamento a scelta autonoma Affine e integrativo scelto dall'elenco B</i>	8	1	Affine e integrativo			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	<i>Insegnamento</i> Caratterizzante scelto dall'elenco C	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02 FIS/08	LF
2	<i>Insegnamento a scelta autonoma</i>	8	1	A scelta			
3	<i>Insegnamento a scelta autonoma</i>	8	1	A scelta			
4	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
5	Prova finale	41					
TOTALE CFU II ANNO		67					
Totale esami II anno		3	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

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 Affini e Integrativi del primo anno</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Teoria Quantistica dei Campi	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
2	Meccanica Quantistica dei Molti Corpi	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "FISICA TEORICA"							
<i>Elenco B Insegnamenti Affini e Integrativi del primo anno</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Complementi di Metodi Matematici per la Fisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
2	Cosmologia	8	1	Affine e integrativo	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
3	Metodi Numerici per la Fisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
4	Ottica Quantistica	8	1	Affine e integrativo	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA CURRICULUM "FISICA TEORICA"							
<i>Elenco C Insegnamenti Caratterizzanti</i>							
	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Didattica della Fisica	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	LF
2	Fisica Astroparticellare Teorica	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
3	Fisica Teorica Subnucleare	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
4	Modellizzazione dei Sistemi Biologici	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
5	Relatività Generale e Gravitazione	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
6	Sistemi Complessi	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF

7	Teoria e Fenomenologia delle Interazioni Fondamentali	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
8	Teoria Classica dei Campi	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
9	Teoria delle Stringhe	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
10	Teoria dei Gruppi e Applicazioni	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
11	Teoria Statistica dei Campi	8	1	Caratterizzante	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	CF U	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	Meccanica Statistica	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				

Il corso affine può essere individuato nell'elenco A, 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"							
Elenco A							
	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/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 fondamenti della fisica	FIS/02	LF
5	Metodi Matematici per la Geofisica	8	1	Affine e integrativo	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF

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/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 2	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
7	Astrofisica delle Alte Energie	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
8	Astrofisica Nucleare	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
9	Astroinformatica	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF+LAB
10	Biofisica delle Radiazioni	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
11	Complementi di Cosmologia	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
12	Complementi di Elettronica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
13	Complementi di Fisica delle Particelle Elementari	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
14	Complementi di Meccanica Statistica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
15	Complementi di Metodi Matematici per la Fisica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
16	Cosmologia	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF

17	Didattica della Fisica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	LF
18	Dosimetria delle Radiazioni	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF + LAB
19	Elettrodinamica Classica	9	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
20	Elettronica Digitale	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
21	Elettronica Musicale	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
22	Evoluzione Stellare	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
23	Fisica Astroparticellare	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
24	Fisica Astroparticellare Teorica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
25	Fisica dei Plasmi	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
26	Fisica dei Plasmi Astrofisici	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
27	Fisica della Materia Molle	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
28	Fisica della Radiazione Cosmica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
29	Fisica della Terra e dell'Atmosfera	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
30	Fisica delle Basse Temperature	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
31	Fisica delle Galassie	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
32	Fisica delle Particelle Elementari	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
33	Fisica dello Stato Solido 1	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
34	Fisica dello Stato Solido 2	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
35	Fisica Medica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
36	Fisica Nucleare	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
37	Fisica Nucleare per i Beni Culturali ed Ambientali	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF

38	Fisica Sperimentale della Gravitazione	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
39	Fisica Teorica Subnucleare	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
40	Fondamenti di Elettronica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
41	Fotonica	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
42	Geoelettromagnetismo	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
43	Geofisica Applicata	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	GEO/11	LF
44	Griglie Computazionali per la Fisica	8	1			INF/01	LF
45	Laboratorio di Elettronica Analogica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
46	Laboratorio di Fisica	10	2		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
47	Laboratorio di Fisica Biomedica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/07	LF + LAB
48	Laboratorio di Fisica della Materia	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF + LAB
49	Laboratorio di Fisica delle Particelle	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
50	Laboratorio di Fisica Nucleare	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF + LAB
51	Laboratorio di Sistemi Digitali	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
52	Meccanica del Continuo	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
53	Meccanica Quantistica	9	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
54	Meccanica Quantistica dei Molti corpi	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
55	Meccanica Statistica	9	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
56	Metodi Inversi	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
57	Metodi Matematici per la Geofisica	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
58	Metodi Numerici per la Fisica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
59	Metodi Sperimentali per le Nanotecnologie e la Materia Condensata	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF + LAB

60	Metodologie per l'Analisi delle Immagini	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
61	Microprocessori e Sistemi Embedded	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	
62	Misure Nucleari	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/01 FIS/04	LF
63	Modellizzazione dei Sistemi Biologici	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
64	Ottica Quantistica	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
65	Planetologia Comparata	8	1			FIS/05 GEO/01	LF
66	Programmazione a Oggetti per la Fisica	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
67	Reazioni Nucleari	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/01 FIS/04	LF
68	Relatività Generale e Gravitazione	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
69	Sensori, Rivelatori ed Elettronica Associata	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
70	Sismologia	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF + LAB
71	Sistemi Complessi	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
72	Sistemi Fisici Discreti e Tecniche di Programmazione Avanzate	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
73	Spettroscopia Ottica	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
74	Storia dell'Astronomia	8	1		Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
75	Tecniche di Accelerazione e Trasporto dei Fasci di Particelle	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
76	Tecniche di Acquisizione Dati	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
77	Tecniche Sperimentali per la Fisica delle Particelle Elementari	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
78	Tecnologie Astronomiche	8	1		Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
79	Teoria Classica dei Campi	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
80	Teoria dei Gruppi e Applicazioni	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
81	Teoria della Struttura Nucleare	8	1		Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF

82	Teoria delle Stringhe	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
83	Teoria e Fenomenologia delle Interazioni Fondamentali	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
84	Teoria Quantistica dei Campi	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
85	Teoria Statistica dei Campi	8	1		Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF

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

B1.5

Piani di studio individuali

È fatta salva la possibilità per ciascuno studente di presentare un proprio piano di studi individuale soggetto all'approvazione del Consiglio dei Corsi di Studio.

Allegato B2

Schede degli insegnamenti

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.		

Insegnamento: ANALISI DATI IN FISICA SUBNUCLEARE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire conoscenze e capacità d'uso delle tecniche di trattazione e di presentazione dei dati sperimentali allo scopo di evidenziare le caratteristiche fisiche dei fenomeni analizzati.		
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.Il trigger: tipici rates e flusso di dati, trigger multilivello, elementi di teoria delle code e teoria dell'affidabilità; esempi di sistemi di trigger per esperimenti a bersaglio fisso e su collider. 1.Il Pattern Recognition: definizioni, metodi globali e metodi locali, cenni alle reti neurali 2. Stima di parametri: concetti generali sugli stimatori, minimum variance bound, il metodo dei minimi quadrati, il metodo della massima verosimiglianza, proprietà degli stimatori MQ e ML; applicazione a casi pratici, binned vs unbinned ML. 3.Ricostruzione di tracce e vertici: modello di traccia, inclusione degli effetti di perdita di energia e diffusione Coulombiana multipla, Kalman filtering, cenni sui fit cinematici 4.Il Metodo Monte Carlo: integrazione Monte Carlo, metodi di riduzione della varianza, il metodo Monte Carlo per la simulazione di processi fisici. 5.Trattamento delle incertezze: incertezze statistiche e sistematiche, covarianza, propagazione degli errori nel caso generale, stima delle incertezze sistematiche 6.Test di ipotesi: errori di primo e secondo tipo, lemma di Neyman Pearson e likelihood ratio, discriminanti di Fischer, test del chi quadrato, reti neurali feed forward, selezione di eventi di segnale e stima di efficienza e contaminazione. 7. Intervalli di confidenza: definizione frequentista e Bayesiana; il problema degli intervalli vicino ad un limite fisico o in presenza di fondo.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		

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

Insegnamento: ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALE

Settore Scientifico - Disciplinare: FIS 07

CFU: 8

Tipologia attività formativa:

Altro (specificare):

Obiettivi formativi:

Il corso intende fornire allo studente conoscenza delle caratteristiche di varie tipologie dei segnali e dei sistemi per la loro elaborazione e le modalità di identificazione di strumenti matematici per il loro trattamento.

Al termine del corso lo studente dovrà:

- dimostrare di conoscere approfonditamente le sostanziali differenze tra le varie formulazioni delle trasformate, le varie tipologie di filtri e le loro principali applicazioni.
- conoscere le modalità di conversione dei segnali dal dominio del tempo continuo a quello del tempo discreto e viceversa.
- dimostrare competenza nell'esaminare i meccanismi fisici alla base di alcuni fenomeni e trasformare il problema fisico in una formulazione matematica
- essere in grado di utilizzare tecniche per la progettazione di filtri idonei alla correzione e/o l'enfaticizzazione del contenuto in frequenza dei segnali per la risoluzione di problemi reali, formulando ipotesi ed approssimazioni e verificando la correttezza.

Programma sintetico:

Segnali e sistemi analogici Convoluzione e correlazione.

Dall'analogico al digitale - sistemi e segnali discreti, caratteristiche della periodicità nel continuo e nel discreto.

Campionamento e teorema del campionamento

Campionamento di segnali a tempo discreto- variazioni del sampling rate.

Ricostruzione di un segnale dai suoi campioni. Studio di segnali e sistemi nel dominio della frequenza. Strumenti matematici per l'analisi :trasformata di Laplace,trasformata di Fourier, trasformata DCT trasformata z, la DFT , gli algoritmi per FFT, DFT e finestramento. Studio di filtri nel continuo e passaggio al discreto

Stabilità e margine di fase. Applicazioni in campo audio : filtraggio per eliminazione del rumore a banda stretta, analisi spettrale mediante FFT. La trasformata di Fourier a tempo breve. Tecniche di sintesi di segnali acustici.

Esami propedeutici:

Prerequisiti: conoscenze di di analisi matematica - serie – numeri complessi.

Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.

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 *general purpose*, 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 (*memory controller, on-chip memory, uart etc.*) 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.

Insegnamento: ASTROFISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire conoscenze sui fondamenti fisici ed astronomici dell'astrofisica moderna.		
Programma sintetico: Fenomenologia degli oggetti celesti. Unità di misura. Grandezze fondamentali: distanze, masse, diametri angolari e lineari, temperature, cinematica stellare, Local Standard of rest. Processi statistici di interesse astrofisico: eventi casuali, funzioni di distribuzione moto delle molecole e moti browniani, legge dei gas ideali, cinetica della radiazione, distribuzioni isoterme, spazio delle fasi, legge di Plank, Equazione di Boltzmann e teorema di Liouville, statistica di Fermi Dirac, equazione di Saha, processi isoterme ed adiabatici. Fotoni e particelle energetiche: principio di relatività, aberrazione della luce, effetto Doppler Poynting-Robertson, moto attraverso la radiazione cosmica di fondo, particelle di alta energia, campi gravitazionali forti. Processi elettromagnetici nello spazio: Campi magnetici astrofisici, accelerazione magnetica delle particelle, specchi e bottiglie magnetiche, equazioni di Maxwell e equazione d'onda, velocità di fase e di gruppo, vettore di Poynting, rotazione di Faraday, emissione elettromagnetica da particelle lente e veloci, free scattering, estinzione interstellare, assorbimento ed emissione, spettri termici radiazione di sincrotrone, effetto Compton, Effetto Compton inverso, effetto Cherenkov. Processi quantistici in Astrofisica: assorbimento ed emissione, spettro dell'atomo idrogenoide, molecole di idrogeno, informazione contenuta nelle righe spettrali, regole di selezione, profili di riga, probabilità di transizione quantistiche, emissione stimolata, processi coerenti e radiazione di corpo nero. Emissione stimolata e Maser interstellari, opacità interstellare. Fondamenti della struttura stellare ed evoluzione stellare. Sfere di Stromgren, fronti d'urto e fronti di ionizzazione. Origine dei campi magnetici interstellari.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

Insegnamento: ASTROFISICA 2		
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.		
Programma sintetico: 1. Stadi finali dell'evoluzione stellare 2. Supernovae e resti di supernovae 3. Oggetti compatti: nane bianche, stelle di neutroni e buchi neri 4. Dischi di accrescimento Gamma Ray Burst. Aspetti teorici ed osservativi		
Esami propedeutici: Astrofisica, Astrofisica delle alte energie		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

Insegnamento: ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: 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..		

Programma sintetico: <i>Processi di interazione radiazione-materia:</i> assorbimento fotoelettrico, Bremsstrahlung, scattering Thomson e Compton, comptonizzazione, emissione di sincrotrone. <i>Tecniche di rivelazione per le alte energie:</i> telescopi X e gamma, rivelatori a scintillazione, contatori proporzionali, dispositivi a stato solido (CCD), reticoli di diffrazione. <i>Fenomeni astrofisici delle alte energie:</i> corone stellari, supernovae, gamma ray burst, sistemi binari in accrescimento, nuclei galattici attivi, aloni galattici e di ammasso.	
Esami propedeutici: Astrofisica.	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.	

Insegnamento: ASTROFISICA NUCLEARE	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Fornire le conoscenze di base dei processi nucleari di particolare rilevanza nel campo dell'astrofisica. Introdurre all'uso delle apparecchiature ed all'applicazione delle tecniche sperimentali e analitiche applicabili ai differenti problemi.	
Programma sintetico: 1. Cenni di evoluzione stellare A. Evidenze osservative (diagramma HR); B. Formazione delle stelle; C. Basi fisiche dell'evoluzione stellare; B1. Equazione di stato e produzione energetica; B2. Equazioni di equilibrio stellare; C. Evoluzione stellare; C1. Combustioni quiescenti; C2. Scenari esplosivi; C3. Modelli stellari. 2. Nucleosintesi stellare A. Definizioni e caratteristiche generali delle reazioni termonucleari; A1. Reazioni risonanti; A2. Reazioni non risonanti; A3. Screening elettronico in laboratorio e nelle stelle; B. Combustione dell'idrogeno; C. Combustione dell'elio; D. Evoluzione di stelle massicce; D1. Combustioni avanzate; D2. Supernove di tipo II; E. Evoluzione di stelle di piccola massa; E1. Processi r e s; E2. Supernove di tipo I; F. Formazione di stelle di neutroni e buchi neri. 3. Misura di sezioni d'urto nucleari di interesse astrofisico A. Apparat per misure dirette in Astrofisica Nucleare; A1 Acceleratori di particelle ad alta intensità; A2. Tecniche di realizzazione di bersagli, bersagli gassosi windowsless; A3. Apparat di rivelazione; B. Procedure sperimentali; D1. Metodi di riduzione del fondo dei rivelatori, la tecnica RMS; D2. Misure di sezioni d'urto; D3. Misure di distribuzioni angolari; C. Misure indirette; D. Analisi dati; E1. Tecniche di analisi; E2. Metodi di estrapolazione.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.	

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 ICT all'acquisizione ed analisi dei dati astronomici.	
Programma sintetico: Fondamenti di data warehousing. Fondamenti di ICT e programmazione parallela. Fondamenti di data reduction e 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 workflow astrofisici.	
Esami propedeutici: Astrofisica, Laboratorio di Fisica.	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.	

Insegnamento: BIOFISICA DELLE RADIAZIONI	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07	CFU: 8

Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire allo studente capacità di comprensione e conoscenze di base concernenti la biofisica molecolare e cellulare, nonché conoscenze approfondite su alcune problematiche relative alla radiobiofisica e alle sue applicazioni in radioterapia e radioprotezione, allo scopo di fargli acquisire competenze teoriche e operative nell'ambito delle applicazioni relative a queste discipline.	
Programma sintetico: Struttura e funzione delle macromolecole biologiche. Cenni di biologia cellulare. Metodologie per la preparazione, caratterizzazione ed analisi di macromolecole e cellule. Tipi, caratteristiche e sorgenti di radiazioni. Parametri radiobiofisici caratterizzanti la deposizione d'energia. Stadi fisico-chimici della deposizione d'energia e loro effetti biomolecolari e cellulari. Curve dose-effetto. Danni radioindotti (mutazioni, aberrazioni cromosomiche, etc). Cenni sui principali modelli radiobiofisici. Non-targeted effects. Effetti su tessuti cellulari ed organismi. Carcinogenesi radioindotta. Modificazione degli effetti radioindotti. Esposizione alle basse dosi e radioprotezione. Basi e razionale radiobiofisici della radioterapia.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.	

Insegnamento: COMPLEMENTI DI COSMOLOGIA	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Fornire competenze avanzate sugli aspetti osservativi e teorici della cosmologia moderna.	
Programma sintetico: 1. Modelli cosmologici 2. Simulazioni cosmologiche 3. Modello inflazionario Teorie non standard	
Esami propedeutici: Astrofisica, Cosmologia, Fisica delle Galassie	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o prova scritta	

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.	

Insegnamento: COMPLEMENTI DI FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire competenze avanzate su specifici aspetti della fenomenologia delle interazioni fondamentali. In particolare lo studente dovrà • conoscere il modello standard (MS) delle interazioni fondamentali nei suoi aspetti di base • essere familiare con le conseguenze più rilevanti del MS sulla fenomenologia delle interazioni tra particelle ad alta energia • conoscere le principali verifiche sperimentali del MS • capire i concetti alla base di modelli e teorie più semplici di fisica oltre il MS capire gli aspetti più rilevanti delle principali ricerche sperimentali di evidenze di fisica oltre il MS.		
Programma sintetico: Modello standard. Richiami di teoria dei campi. Invarianza di gauge locale; lagrangiana di QED. Unificazione elettrodebole: correnti neutre; isospin debole e modello di Glashow-Weinberg-Salam. Rottura spontanea di simmetria. Meccanismo di Higgs. Cromodinamica quantistica e modello standard. Rinormalizzazione e costanti di accoppiamento che corrono. Evidenze sperimentali del MS. Momento magnetico dell'elettrone e del muone. Reazioni di neutrini, diffusione profondamente anelastica di neutrini, correnti neutre, interferenza elettrodebole nell'annichilazione elettrone-positrone in adroni e nello scattering profondamente anelastico di leptoni; larghezza della Z^0 e numero di neutrini. Mescolamento di quark e violazione di CP nello MS. Oscillazioni di sapore. Scoperta del top. Ricerca del bosone di Higgs Sezione d'urto e^+e^- in adroni; violazione di scala nella diffusione profondamente anelastica di leptoni; charmonio e bottomonio; variazioni di α_s con l'energia; processi "duri" in protone-protone e protone-antiprotone. Fisica oltre lo SM. Grande unificazione (cenni), monopoli, decadimento del protone. Oscillazioni di neutrini. Supersimmetria (cenni). Ricerca particelle supersimmetriche.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o prova scritta.		

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 1.		
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.		

Insegnamento: COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI PER LA FISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso vuole rispondere all'esigenza, comune a diversi curricula, di approfondire tecniche avanzate di Analisi matematica rilevanti nella 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 – Serie Asintotiche – Metodi variazionali. Equazioni differenziali alle derivate parziali - Soluzioni forti e deboli - Soluzioni fondamentali in mezzi infiniti e finiti – Funzioni speciali – Metodo del punto sella	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.	

Insegnamento: COSMOLOGIA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire conoscenze approfondite sulle origini e l'evoluzione dell'Universo nell'ambito della Relatività Generale, nonché sulle misure astronomiche ed astrofisiche di rilevante interesse cosmologico.		
Programma sintetico : Elementi di Relatività Generale. Principio cosmologico. Legge di Hubble. <i>Redshift</i> . 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. <i>Lookback time</i> . Fattori di <i>bias</i> 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 <i>clustering</i> dell'Universo. Funzione di correlazione delle galassie e degli ammassi di galassie. Struttura a larga scala e principali <i>survey</i> 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 <i>power law</i> . Potenziale quadratico: <i>reheating</i> e soluzione del problema dell'entropia. Anisotropia della CMBR. Sviluppo in armoniche sferiche. Esperimenti Boomerang, WMAP, PLANCK.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

Insegnamento: DIDATTICA DELLA FISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/08		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso fornisce un'introduzione alla didattica della fisica e alle principali metodologie di ricerca in questo campo. Si discuteranno i fondamenti epistemologici della fisica e la progettazione di percorsi per la scuola secondaria superiore con particolare enfasi sulla modellizzazione, il ruolo del laboratorio e le principali metodologie didattiche basate sulla ricerca (<i>inquiry</i> , ciclo <i>pec</i> , problem solving). Si introdurranno inoltre metodi di ricerca qualitativa e quantitativa in didattica della fisica con particolare enfasi sulla teoria classica dei test e sull'analisi di Rasch.		
Programma sintetico: I. Epistemologia della fisica: 1) Natura della Scienza 2) Pratiche epistemiche nella didattica scolastica 3) Rapporto tra Scienza, Tecnologia e Società II. Progettazione di percorsi didattici: 4) modelli scientifici nella didattica della fisica 5) il laboratorio in tempo reale 6) ciclo previsione-esperimento-confronto 7) metodo <i>inquiry</i> 8) problem solving 9) percorsi didattici di fisica moderna III. Metodi di ricerca didattica: 10) teoria classica dei test: coefficienti di affidabilità, difficoltà, discriminazione, calcolo di gains, item response theory 11) analisi di Rasch 12) protocolli di interviste cliniche e loro analisi 13) uso dell'argomentazione nella didattica della fisica		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale centrato sulla discussione di un portfolio costruito dallo studente sui temi del corso e di un percorso didattico autonomamente progettato.		

Insegnamento: DOSIMETRIA DELLE RADIAZIONI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Scopo del corso è fornire allo studente le conoscenze della dosimetria fisica delle radiazioni sia ionizzanti che non ionizzanti, nonché il campo di applicazione dei diversi dosimetri. Il corso prevede sia lezioni frontali che una parte dedicata ad attività di laboratorio.		
Programma sintetico: <i>Dosimetria delle radiazioni ionizzanti</i> Principi di dosimetria, quantità e unità: Kerma, Fluenza, Dose assorbita, Stopping power, Relazione tra le diverse quantità dosimetriche. Teoria della cavità: Teoria della cavità di Bragg-Gray, Teoria della cavità di Spencer-Attix, Applicazione della teoria della cavità alla taratura della camera a ionizzazione. Microdosimetria: Caratteristiche e applicazioni. Grandezze fisiche di riferimento convenzionali. Grandezze stocastiche e loro distribuzione. Implicazioni biofisiche della microdosimetria. Applicazione ai modelli biologici. Microdosimetria e BNCT. Dosimetri per radiazioni ionizzanti: Proprietà dei dosimetri. Camere a ionizzazione. Film dosimetrici (Film radiografici e radiocromici). Dosimetria a Termoluminescenza. Dosimetri a semiconduttore (Diodi e MOSFET). Standard primari. Taratura dei dosimetri. <i>Dosimetria delle radiazioni non ionizzanti</i> Quantità dosimetriche: Induzione magnetica. Il SAR. L'assorbimento specifico di energia. Dosimetri per radiazioni non ionizzanti.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto.		

Insegnamento: ELETTR DINAMICA CLASSICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 9
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Conoscenza dei principali strumenti concettuali di elettromagnetismo statico e dinamico e di dinamica relativistica, con un livello di approfondimento e formalizzazione paragonabile, ad esempio, a quello dei testi di Elettrodinamica classica di Lechner o Jackson e acquisizione delle corrispondenti capacità applicative. Include, in particolare: elettrostatica nel vuoto e nei mezzi materiali, correnti e magnetismo, campo elettromagnetico, onde elettromagnetiche nel vuoto e nei mezzi, relatività ristretta, formulazione covariante dell'elettromagnetismo, radiazione e diffusione da sorgenti localizzate e da cariche in moto.		

Programma sintetico:	
1) Elettrostatica nel vuoto e nei mezzi materiali: equazioni di Laplace e Poisson, condizioni al contorno, metodi di risoluzione e funzioni di Green, cenni a metodi numerici di soluzione, sviluppo in multipoli, polarizzabilità e suscettività dielettrica, modello di Lorentz, energia elettrostatica nei dielettrici, energia libera, termodinamica dei dielettrici.	
2) Correnti e magnetismo: densità di corrente, effetto Hall, legge di Ampère, potenziale vettore, momento magnetico, permeabilità magnetica, cenni a ferromagnetismo e isteresi.	
3) Campo elettromagnetico: legge di Faraday, equazioni di Maxwell. Potenziali. Trasformazioni di gauge, tensore degli sforzi, teorema di Poynting, proprietà di simmetria dei campi elettrici e magnetici.	
4) Onde elettromagnetiche nel vuoto: equazione d'onda, caso uni e tridimensionale, polarizzazione lineare e circolare, trasformata di Fourier e funzioni di Green.	
5) Propagazione ondosa del campo elettromagnetico nei mezzi materiali dispersivi e dissipativi. Limite di alte e basse frequenze, velocità di gruppo, causalità e formule di Kramers-Kronig. Guide d'onda e cavità risonanti.	
6) Equazioni omogenee di Maxwell nei mezzi in cui le proprietà elettriche e magnetiche dipendono dal punto. Approssimazione dell'iconale.	
7) Relatività ristretta: principio di relatività, trasformazioni di Lorentz, quadri-vettori, covarianza dell'elettrodinamica, dinamica relativistica, principio di minima azione relativistico, moto di particelle in campi elettrici e magnetici.	
8) Formulazione covariante dell'elettromagnetismo: tensore di campo elettromagnetico, trasformazione dei campi elettromagnetici, Lagrangiana del campo e.m. e principio di minima azione per i campi, cenni al teorema di Noether per i campi.	
9) Radiazione e diffusione da sorgenti localizzate e da cariche in moto: potenziali ritardati, formula di Larmor, diffusione di Thomson e di Raleigh, cenni alla teoria della diffrazione, potenziali di Liénard e Wiechert, formula di Larmor relativistica, radiazione di frenamento, radiazione Cerenkov, cenni allo sviluppo in multipoli della radiazione.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Conoscenze basilari di fisica classica quali tipicamente acquisite in una laurea di primo livello (triennale) in fisica.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.	

Insegnamento: ELETTRONICA DIGITALE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di: - Riorganizzare in un quadro organico le conoscenze pregresse degli studenti sulla rappresentazione delle informazioni e sull'algebra booleana delle porte logiche. - Presentare i circuiti integrati in tecnologia CMOS ed il loro uso nella struttura di reti combinatorie e sequenziali. - Introdurre la teoria degli automi a stati finiti e sviluppare le <i>capacità applicative</i> degli studenti nella progettazione, prima di semplici modelli di elaboratori digitali specializzati e, poi di un semplice ma completo computer. - Analizzare alcune delle più comuni tecniche di interconnessione tra sistemi digitali.		
Programma sintetico (sillabo): Rappresentazione dell'informazione numerica ed alfabetica. Modelli applicativi dell'Algebra di Boole binaria. Tecniche di sintesi di funzioni booleane. Circuiti integrati CMOS, caratteristiche strutturali e loro uso in reti combinatorie. Limiti delle reti combinatorie e definizione di rete sequenziale; esempi di reti sequenziali asincrone e sincrone. Teoria degli automi a stati finiti e sua applicazione alla progettazione di reti sequenziali sincrone. Struttura di una memoria a lettura e scrittura ad accesso random (chip di memoria) e sistemi di memoria multi-chip. Componenti dei sistemi di elaborazione digitale; struttura di una "unità aritmetica e logica" (ALU). Parte operativa e parte di controllo di un sistema di elaborazione. Progetto della parte di controllo di sistemi di elaborazione specializzati. Sistemi di controllo microprogrammati. Progettazione della parte di controllo di una semplice ma completa architettura di Von Neumann. Linee di trasmissione di segnali digitali. Interconnessioni tra sistemi digitali attraverso bus: Esempi di protocolli.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o scritto.		

Insegnamento: ELETTRONICA MUSICALE		
Settore Scinetifico-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.	

Insegnamento: EVOLUZIONE STELLARE	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi:	
Fornire adeguate competenze per la comprensione degli interni stellari e dell'evoluzione stellare.	
Programma sintetico:	
Equazioni di struttura. Meccanismi di opacità e di trasporto del calore nelle strutture stellari. Il diagramma HR. Evoluzione stellare in funzione della massa. Oggetti compatti. La striscia di instabilità. Legame tra evoluzione e pulsazione stellare.	
Esami propedeutici: Astrofisica.	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.	

Insegnamento: FISICA ASTROPARTICELLARE	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):

Obiettivi formativi:
Il corso intende presentare una ampia descrizione delle problematiche scientifiche della Fisica Astroparticellare e fornire conoscenze sulle specifiche tecniche adottate per il loro studio sperimentale.
Programma sintetico (sillabo):
La Fisica Astroparticellare in Europa e in Italia. Il legame tra la fisica delle particelle elementari e la cosmologia. Fisica fondamentale (I) e scienza dell'Universo (II) nella Fisica Astroparticellare. Proprietà dei neutrini e il loro studio mediante esperimenti di oscillazione, decadimento doppio beta e misure dirette della massa. Limiti cosmologici sulla massa. Stabilità della materia e gli esperimenti di proton decay. Il problema della dark matter e sue possibili soluzioni. Tecniche sperimentali e risultati per la ricerca di particelle candidate. L'Universo non termico: raggi cosmici, raggi gamma e neutrini d'alta energia. I raggi cosmici primari. Misure dirette e indirette. Il problema del 'knee' e del 'G-Z-K cut-off'. Il modello standard: origine, propagazione, confinamento. L'astronomia gamma: i rivelatori Cerenkov e gli apparati di sciame. Risultati sperimentali e loro implicazioni. L'astronomia dei neutrini d'alta energia. Tecniche sperimentali per la loro osservazione. Ricerca di antimateria con esperimenti nello spazio e al suolo. Cenni sulla fenomenologia dei Gamma Ray Bursts. Le onde gravitazionali. Barre risonanti e interferometri a terra e nello spazio.
Esami propedeutici:
Prerequisiti:
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o prova scritta.

Insegnamento: FISICA ASTROPARTICELLARE TEORICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi : Con l'aumentare delle conoscenze teoriche e la progressiva difficoltà nella costruzione di acceleratori di energia sempre crescente, il cosmo risulta essere il miglior banco di prova per tutte le teorie che investigano i costituenti ultimi della materia. Il corso intende dare le conoscenze opportune per comprendere le più moderne teorie sui costituenti ultimi della materia e sui legami con le origini dell'universo.		
Programma sintetico: Cenni di Relatività Generale. Cosmologia Standard. Termodinamica dell'universo in espansione. Abbondanze fossili. Fenomeni di non Equilibrio: bariogenesi (Teorema di Sakharov e modelli proposti), nucleosintesi primordiale, ricombinazione. Materia oscura ed energia oscura. Inflazione come risoluzione dei 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 comici. I grandi acceleratori: SN, Pulsar, AGN. Modelli di GRB emitters. Propagazione della radiazione e.m. e carica nel cosmo. Ruolo ed origine dei campi magnetici Galattici ed extragalattici. Radiazione di UHE (neutrini e adroni) e tecniche di rivelazione.		
Esami propedeutici: Elettrodinamica classica, Meccanica Quantistica 1.		
Prerequisiti: Elementi di Fisica delle particelle elementari (Modello Standard Elettrodebole).		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

Insegnamento: FISICA DEI PLASMI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: fornire una conoscenza di base della fisica dei plasmi di laboratorio e dello spazio; descrivere i principali processi fisici fondamentali su base interdisciplinare che conferiscono al plasma il ruolo di elemento unificante tra astrofisica, fisica della fusione termonucleare e fisica dei meccanismi dell'accelerazione delle particelle cariche; permettere l'acquisizione delle metodologie fisiche che consentono la descrizione cinetica e fluida del plasma.		

Programma sintetico:
Nozioni introduttive sui plasmi: il plasma come quarto stato della materia, i parametri fondamentali del plasma, principali applicazioni scientifiche e tecnologiche della fisica dei plasmi (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 nel vuoto e nei plasmi: teoria delle orbite, accelerazione stocastica, accelerazione di Fermi, interazione radiazione-plasma, interazione onda-particella.
Teoria cinetica per un gas neutro e per un plasma: equazione del trasporto di Boltzmann per un sistema di particelle neutre e sue applicazioni ai fenomeni di conduzione elettrica (modello di Lorentz) e in astrofisica (sistema di Jeans-Poisson); equazione di Vlasov per un plasma a più componenti (sistema di Vlasov-Maxwell) e sue applicazioni (oscillazioni di plasma e smorzamento di Landau). Cenni sull'equazione di Fokker-Planck.
Teoria fluida di un plasma a più componenti: oscillazioni e onde in plasmi a due componenti in regime lineare, in assenza ed in presenza di campi magnetici uniformi (propagazione obliqua, modi ordinari di alta e bassa frequenza, modi ibridi di alta e bassa frequenza, birifrangenza di un plasma magneto-attivo, risonanze di ciclotrone).
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".
Processi di emissione e assorbimento di natura collettiva nel plasma: emissione e assorbimento Cherenkov.
Teoria quasi-lineare e cenni di teoria non lineare (applicazioni all'astrofisica e ai plasmi di laboratorio): processi a tre onde e a quattro onde (instabilità modulazionale), smorzamento di Landau non lineare; stabilità delle oscillazioni di grande ampiezza.
Teoria fluida di un plasma ad una sola componente (teoria magnetoidrodinamica) e applicazioni all'astrofisica e alla fusione a confinamento magnetico: onde magnetoidrodinamiche in regime lineare; magnetoidrodinamica in regime diffusivo e in regime convettivo.
Meccanismi di generazione di elevati campi elettrici e magnetici nei plasmi (applicazioni ai plasmi di laboratorio per la fusione inerziale e l'accelerazione delle particelle, all'astrofisica e alla ionosfera): forza ponderomotrice prodotta da inviluppi di onde elettromagnetiche di grande ampiezza; campi di scia prodotti da impulsi laser ultra-corti e ultra-intensi; campi di scia prodotti da fasci di particelle cariche relativistiche.
Esami propedeutici:
Prerequisiti: Fisica Generale (Meccanica, Termodinamica, Elettromagnetismo).
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.

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 oggetti astrofisici e rivelata dalla Terra o da laboratori spaziali per estrarre le proprietà di questi stessi oggetti; 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-Zel'dovich. 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.

Insegnamento: FISICA DELLA MATERIA MOLLE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Acquisizione di conoscenze e capacità applicative nella fisica e le applicazioni tecnologiche della “soft-matter”: liquidi, polimeri, cristalli liquidi, colloidali, gel, schiume, materia biologica.		
Programma sintetico: Forze, energie e scale dei tempi nella materia condensata. Transizioni di fase. Dispersioni colloidali. Polimeri. Gelatine. Ordine molecolare nella materia molle: i cristalli liquidi. Ordine molecolare nella materia molle: la cristallinità nei polimeri. La materia molle in natura. Applicazioni. Esempi in campo biologico. Ordine sopra-molecolare: auto-organizzazione e nanostrutturazione. Proprietà di trasporto e proprietà ottiche nella materia molle per applicazioni in opto-elettronica.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenza della fisica generale e di elementi di fisica statistica al livello della laurea triennale.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto.		

Insegnamento: FISICA DELLA RADIAZIONE COSMICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire conoscenze sulla fisica dei raggi cosmici primari, fotoni e neutrini di alta energia e sulle metodologie di misura.		
Programma sintetico: Raggi Cosmici. Spettro dei Raggi Cosmici. Anisotropia dei Raggi Cosmici. Composizione dei Raggi Cosmici. Composizione dei Raggi Cosmici di altissima energia. Il “Greisen Cutoff”. Sorgenti puntiformi di Raggi Gamma.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o prova scritta.		

Insegnamento: FISICA DELLA TERRA E DELL’ATMOSFERA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS06		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro	
Obiettivi Formativi: Il corso illustra la fenomenologia della struttura sia della Terra Solida che dell’Atmosfera, i principali processi fisici che vi avvengono e i metodi e modelli fisici per il loro studio quantitativo. Al termine del corso lo studente deve saper affrontare in maniera critica e autonoma studi più avanzati sull’argomento, dovrà di dimostrare di conoscere e comprendere l’argomento durante la prova di esame di sapere affrontando un problema, formulando in maniera chiara ipotesi e approssimazioni, proponendo soluzioni, e verificando la coerenza e l’attendibilità dei risultati		
Contenuti: Formazione della Terra e radiocronologia. Elementi sui metodi gravimetrici e sismici. Densità della Terra. Elementi di Tettonica a zolle. Struttura della crosta oceanica e continentale: composizione e stato termico. Isostasia. Struttura del mantello litosferico e metodi geochimici. Struttura del mantello sublitosferico e sua equazione di stato. Processi termici nella terra e nell’atmosfera. Cenni sulla convezione. Cenni sulla struttura del nucleo. Struttura dell’atmosfera e sue proprietà termodinamiche.		
Propedeuticità:		
Modalità di accertamento del profitto: Colloquio e/o prova scritta.		

Insegnamento: FISICA DELLE BASSE TEMPERATURE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Acquisizione di conoscenza e capacità applicative nei fondamenti termodinamici della criogenia e sulla fisica quantistica osservabile alle basse temperature, tra cui in particolare magnetismo, superfluidità, superconduttività, giunzioni Josephson, effetto Hall quantistico e fenomeni di trasporto quantistico.		
Programma sintetico: Terzo principio della termodinamica, richiami sulle transizioni di fase ed elementi di criogenia. Magnetismo, demagnetizzazione adiabatica, ferromagnetismo e antiferromagnetismo, onde di spin. Termodinamica e idrodinamica dell'elio 4 superfluido: modello dei due fluidi, teoria di Landau della superfluidità, quantizzazione dei vortici. Elio 3: liquido di Fermi, differenze con l'He 4, antiferromagnetismo nell'He3 solido. Refrigeratore a diluizione He3-He4. Fenomenologia della superconduttività: resistenza elettrica zero e diamagnetismo perfetto. Teoria di Landau delle transizioni ordine-disordine: vortici e superconduttori di I e II specie. Le coppie di elettroni secondo Cooper. Stato superconduttore BCS. Giunzioni tunnel con superconduttori. Conducibilità Josephson. Cenni sulla coerenza quantistica macroscopica (MQT-MQC). Il rumore nei dispositivi elettronici come processo stocastico. Rumore Johnson-Nyquist. Shot noise e rumore 1/f. Effetto Hall quantistico intero e frazionario. Funzione d'onda di Laughlin. Effetto Kondo.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenza della termodinamica, meccanica statistica e meccanica quantistica, anche di più particelle, almeno al livello della laurea triennale, preferibilmente a livello più avanzato.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto.		

Insegnamento: FISICA DELLE GALASSIE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire conoscenze approfondite negli aspetti teorici ed osservativi della Fisica delle Galassie e dei sistemi stellari.		
Programma sintetico: Introduzione alle galassie: classificazione morfologica, proprietà fisiche globali. (2 ore). Popolazioni stellari: diagramma colore-magnitudine, funzione di massa iniziale, età e metallicità, cenni di evoluzione stellare. (4 ore). La Via Lattea: distribuzione spaziale di stelle e componenti (conteggi di stelle, disco sottile e spesso, alone e bulge) e cinematica interna (LSR, rotazione, costanti di Oort, moto del Sole e cinematica di alone disco e bulge). (4 ore) Cinematica e dinamica del gas: distribuzione di HI e CO e determinazione della curva di rotazione. Implicazioni: la Materia Oscura. (4 ore) Dinamica delle galassie: densità e potenziale sistemi sferici e leggi di Newton, orbite di stelle in dischi: potenziale effettivo, costanti del moto, ep cicli e costanti di Oort dalla CBE al Viriale tensoriale. (10 ore) Galassie a disco: profili di densità, bulge e disco, formazione stellare, emissione HI, campi di velocità, relazioni di scala. Cenni di teoria dei bracci di spirale. (4 ore) Galassie ellittiche: profili di densità, forma delle isofote, cinematica interna, relazioni di scala, il Piano Fondamentale e le popolazioni stellari. (6 ore) Galassie attive: starburst e AGN. Buchi neri. (4 ore). Metodi di misura di masse delle galassie: HI ring, galassie polar ring, emissione X da gas caldo, lensing gravitazionale. (4 ore) Ammassi di galassie. Scala delle distanze cosmiche: tutorial.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.		

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

Obiettivi formativi:	
Fornire conoscenza degli aspetti fondamentali della Fisica delle interazioni tra particelle elementari e del suo studio sperimentale. Il corso fornirà, altresì, gli strumenti per fare calcoli cinematici, di costanti di decadimento e sezioni d'urto in casi semplici.	
In particolare lo studente dovrà	
• 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 ed eventualmente calcolare (in approssimazione di Born) sezioni d'urto e costanti di decadimento di semplici processi.	
Programma sintetico:	
Richiami di relatività e equazioni d'onda relativistiche. Simmetrie e leggi di conservazione. 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. Interazioni elettromagnetiche: diffusione di particelle senza spin, grafici di Feynman, sezione d'urto in termini dell'ampiezza invariante, diffusione di particelle identiche, diffusione e annichilazione particella-antiparticella; diffusione di particelle con spin, sezione d'urto e^+e^- ; diffusione elastica elettrone-pione ed elettrone-protone, fattori di forma. Diffusione profondamente anelastica, modello a quark-partoni. Quark pesanti. Colore e cenni di QCD, getti di adroni. 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, decadimenti dei kaoni neutri, rigenerazione, oscillazioni di stranezza, violazione di CP.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o prova scritta.	

Insegnamento: FISICA DELLO STATO SOLIDO 1		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Conoscenza dei più importanti concetti e fenomeni legati alla fisica dello stato solido, con particolare riferimento ai solidi cristallini e nanostrutturati, e relative capacità applicative. La presentazione degli argomenti segue un approccio bottom-up (dal nano al macro) mostrando come la struttura elettronica, le proprietà ottiche e quelle di trasporto evolvono con la dimensione. Particolare attenzione è posta ai semiconduttori ed alle loro applicazioni.		
Programma sintetico: Catena atomica come modello di nanocristallo: soluzione generale, larghezza ed evoluzione dello spettro con la dimensione del nanocristallo - L'equazione a massa efficace per i nanocristalli - Confinamento quantistico nei semiconduttori nanocristallini: superreticoli, quantum wells, quantum wires, quantum dots - Densità degli stati e dimensionalità - Dal nanocristallo al sistema periodico: bande d'energia nello schema Tight Binding di Koster e Slater ed in quello dell'elettrone quasi libero - Alcuni esempi di calcolo della struttura a bande: grafeni, nanotubi di carbonio, silicio e arseniuro di gallio - Proprietà ottiche dei semiconduttori: funzioni dielettriche, indici di rifrazione e loro connessioni, transizioni intrabanda ed interbanda, assorbimento ed emissione di luce, eccitoni – Proprietà ottiche e stati eccitonici nei nanocristalli – Drogaggio dei semiconduttori e dispositivi MOSFET - Trasporto nelle nanostrutture: modello a singolo livello di un nanotransistor, quantizzazione della conduttanza - Nanotecnologie e nanostrutture: un po' di storia, fenomenologia ed applicazioni.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenza della meccanica quantistica almeno al livello della laurea triennale.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto.		

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

Obiettivi:
Acquisizione di conoscenza e capacità applicative approfondite nella fisica dei solidi, ed in particolare nelle loro proprietà di trasporto (elettrico, termico ed effetti termoelettrici) ed ottiche, in un quadro quantistico delle equazioni di Boltzmann. Particolare enfasi è posta sul concetto di eccitazioni elementari collettive con applicazioni alla fisica dei metalli e degli isolanti dielettrici.
Programma sintetico (sillabo):
Equazioni di Boltzmann per elettroni in un cristallo. Conducibilità elettrica, termica ed effetti termoelettrici in metalli, isolanti e semiconduttori. Effetto Hall classico in metalli e semiconduttori, stati di Landau di elettroni in campo magnetico, effetto Haas-Van Alphen, effetto Hall quantistico intero. Vibrazioni reticolari e fononi. Interazione elettrone-fonone ed applicazioni alla fisica dei metalli ed isolanti. Funzione dielettrica dispersiva in numero d'onda e frequenza, relazioni di Kramers-Kronig. Frequenza di plasma e plasmoni. Assorbimento infrarosso e nel visibile. Polaritoni ed eccitoni.
Esami propedeutici: Fisica dello stato solido 1.
Prerequisiti:
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto.

Insegnamento: FISICA MEDICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Acquisire conoscenze e capacità di comprensione delle principali applicazioni della Fisica alla medicina ed alla biologia, con riferimento ai principi e alle tecniche di diagnosi e cura con radiazioni ionizzanti e non, ed in particolare: fisica radiologica e relativa strumentazione per la diagnostica radiologica; fisica dell'imaging a raggi X del seno per la diagnosi tumorale; fisica della medicina nucleare con traccianti radioattivi e strumentazione di imaging diagnostico medico-nucleare; ultrasuoni e strumentazione ultrasonografica per la diagnostica medica; radioterapia con fasci esterni. Stimolare le capacità applicative dello studente delle proprie conoscenze fisiche di base alla biomedicina, mediante la esemplificazione di varie tecnologie fisiche impiegate nella pratica medica. Favorire l'inquadramento storico dei principi e delle tecniche biomediche nell'ambito della sviluppo della fisica e della medicina, e in generale della scienza.		
Programma sintetico: Elementi di dosimetria delle radiazioni ionizzanti. Principi dell'imaging radiografico in attenuazione ed in contrasto di fase. Produzione dei raggi X. Tubi radiogeni e caratterizzazione dei fasci di raggi X per mammografia e radiografia generale. Ruolo della diffusione nell'imaging radiografico. Fluoroscopia ed intensificatori d'immagine. Qualità dell'immagine in radiografia: contrasto, SNR, DQE, NPS, LSF, PSF, MTF. Radiografia a film e radiografia digitale. Rivelatori diretti ed indiretti per imaging radiologico, ad integrazione di carica e a conteggio di singolo fotone. Imaging tomografico a raggi X: TAC. Imaging di medicina nucleare con traccianti radioattivi: scintigrafia e gamma camera, tomografia ad emissione di singolo fotone (SPECT) e tomografia ad emissione di positroni (PET e TOF-PET). Principi della radioterapia con fotoni, elettroni ed adroni. Imaging ad ultrasuoni ed ecografia.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

Insegnamento: FISICA NUCLEARE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/04		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire le conoscenze di base per affrontare lo studio fenomenologico delle proprietà dei nuclei anche lontano dalla valle di stabilità e sviluppare le capacità d'uso delle relative metodologie.		

Programma sintetico: Teoria elementare della diffusione: equazione integrale ed ampiezza di diffusione. Calcolo della sezione d'urto. Approssimazione di Born. Sviluppo in onde parziali. Sistema nucleone-nucleone : derivazione dell'interazione nucleone-nucleone dall'analisi delle proprietà del deutone e dei dati di diffusione a bassa energia. Diffusione ad alta energia: forze di scambio e carattere repulsivo dell'interazione a brevi distanze. Materia nucleare. Gas di Fermi e metodo di Hartree-Fock. Saturazione delle forze nucleari. Fenomenologia del modello a shell nucleare e sue basi teoriche. Momenti magnetici e di quadrupolo elettrico, transizioni elettromagnetiche e deboli. Carica efficace. Nuclei con shell aperte: correlazioni di pairing di monopolo e quadrupolari. Cenni al modello a bosoni interagenti. Nuclei lontani dalla linea di stabilità. Moti collettivi nei nuclei. Risonanza gigante dipolare e modello a due fluidi. Moti vibrazionali: modelli fenomenologici e microscopici. Transizioni di forma. Moto rotazionale: spettri e momenti d'inerzia. Cranking model. Cenni ai nuclei superdeformati.
Esami propedeutici:
Prerequisiti:
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.

Insegnamento: FISICA NUCLEARE PER I BENI CULTURALI E AMBIENTALI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire allo studente capacità di applicare conoscenza e comprensione delle più importanti metodologie fisiche nel campo dei Beni Culturali. In particolare: - fornire una conoscenza di base delle problematiche archeometriche; - sviluppare la capacità di valutare gli ambiti di applicabilità ed i limiti delle metodologie fisiche atte ad affrontarle; - fornire competenze di base per lavorare in laboratorio; favorire lo sviluppo delle capacità di lavorare in ambiti disciplinari diversi.		
Programma sintetico: Introduzione alle problematiche legate alle analisi scientifiche nel campo dei Beni Culturali ed Ambientali. Ambiti di intervento delle metodologie fisiche: analisi e caratterizzazione, datazione e diagnostica. Metodi di Datazione: - Principi generali e leggi del decadimento radioattivo. - Datazioni geologiche basate sulle tracce di fissione. - Metodo del 14C. - Dendrocronologia. - Metodo della termoluminescenza (Datazione terrecotte e ceramiche). - Metodo dell’archeomagnetismo (Datazione terrecotte e ceramiche). Analisi di laboratorio implicanti un prelievo (Microanalisi invasive): - XRD (X-Ray Diffraction). Analisi non invasive (Microanalisi): - XRF (X-Ray Fluorescence). - PIXE (Particle Induced X Emission). - IBA (Ion Beam Analysis) - RBS (Rutherford Back Scattering) - Raman Analisi ottiche: - Fotografia, macrofotografia, fotografia in luce radente. - Radiografia e tomografia. - Fluorescenza ultravioletta. - Riflettografia IR. - Microscopio elettronico. Strumentazione di laboratorio e portatile.		
Esami propedeutici:		

Prerequisiti: Conoscenza della Fisica Moderna: La materia e gli atomi. La teoria di Bohr: livelli elettronici. Spettri di emissione degli atomi. Atomi idrogenoidi. Emissione ed assorbimento dei raggi X. Il concetto di solido: bande elettroniche. Il dualismo onda-corpuscolo. L'effetto fotoelettrico. L'effetto Compton. L'assorbimento della radiazione elettromagnetica. La legge di Bragg. Interazione particelle cariche-materia.
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.

Insegnamento: FISICA SPERIMENTALE DELLA GRAVITAZIONE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso affronta le problematiche delle misure future in Relatività Generale e Gravitazione, discutendo le basi sperimentali dell'attuale teoria della gravitazione con l'obiettivo di fornire adeguate conoscenze e competenze nel campo.		
Programma sintetico: Basi sperimentali della Gravitazione. Onde gravitazionali e loro effetto sulla materia. Rivelatori per onde gravitazionali. Rumore negli strumenti di misura Tecniche di misura.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

Insegnamento: FISICA TEORICA SUBNUCLEARE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso intende ampliare le competenze acquisite nei corsi di meccanica quantistica, studiare la teoria di campo e descriverne le realizzazioni nell'ambito della fisica subnucleare.		
Programma sintetico: Teoria di campo del Modello Standard, sue estensioni e fenomenologia. Interazioni forti, teoria e fenomenologia, decadimenti e scattering, particelle esotiche. Metodi di teorie di campo effettive. Rinormalizzazione e gruppo di rinormalizzazione (dimensioni anomale, schemi di rinormalizzazione, simmetrie BRST). Proprietà asintotiche della teoria perturbativa (risommazione di Borel, rinormaloni, risommazioni di divergenze infrarosse). Rinormalizzazione non-perturbativa. Introduzione al reticolo.		
Esami propedeutici: Meccanica Quantistica, Teoria Quantistica dei Campi.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

Insegnamento: FONDAMENTI 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 base e moderne dell’elettronica. Lo studente sarà in grado di comprendere e finalizzare le principali tecniche di progettazione dei moderni dispositivi elettronici. Lo studente valorizzerà la sua capacità di scelta fra le varie possibilità tecnologiche e progettuali odierne e le esporrà in forma di esercizi progettuali dimostrando il livello della sua autonomia di giudizio critico, della sua abilità nella comunicazione e della sua capacità di apprendere.		

Programma sintetico (sillabo):	
Principi e teoremi generali: Circuiti con diodi, rettificatori e filtri, valori medi, valori efficaci, dimensionamento, ripple. Semiconduttori, giunzioni e drogaggi, conduzione diretta ed inversa. Dispositivi BJT (transistor bipolare). Dispositivi BJT in diverse configurazioni. Amplificatore ad emettitore comune. Amplificatore a base comune, guadagno, impedenze di ingresso e di uscita. Banda passante nelle tre configurazioni. Specchi di corrente con transistor, il transistor come generatore di corrente, compensazione in temperatura, limiti di precisione, effetto Early. Amplificatori in classe B, Push pull, classe AB, amplificatori di potenza, configurazione Darlington. Amplificatore differenziale, riduzione rumore, polarizzazione, amplificazione differenziale, amplificazione di modo comune, definizione di Common Mode Rejection Ratio (CMRR), impedenza di ingresso, configurazione single ended, miglioramento del dispositivo usando generatori di corrente. Effetto Miller nei dispositivi BJT, conseguenze sulla banda passante degli amplificatori. Metodi di riduzione dell'effetto Miller. Configurazione cascode. Amplificatori a più stadi: metodi di polarizzazione e banda passante. Transistor ad effetto di campo: JFET e MOSFET. Interruttori a FET. Elementi di feedback. Amplificatori operazionali in tutte le configurazioni. Effetti della retroazione negativa. Analisi in frequenza, diagrammi di Bode, polo dominante. Integratori e sample and hold. Comparatori e trigger trigger di Schmitt. Elementi di conversione analogica digitale. Semplici esempi di elettronica di Front-End. Famiglie logiche TTL, ECL, MOS.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o scritto.	

Insegnamento: FOTONICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Acquisizione di conoscenza e capacità applicative nella propagazione ottica nel vuoto e nei mezzi, nei principi di funzionamento dei laser e dei sistemi elettro-ottici, nell'ottica non lineare, le fibre ottiche e i cristalli fotonici, nella "plasmonica", la nano-ottica e i meta-materiali.		
Programma sintetico: Richiami di ottica geometrica e ondulatoria. Teoria della diffrazione e della propagazione nel vuoto e attraverso componenti ottici. Polarizzazione. Propagazione nei mezzi, indice di rifrazione e assorbimento. Mezzi anisotropi, birifrangenza e dicroismo, polarizzatori e lamine birifrangenti. Dispersione temporale, velocità di gruppo e sua dispersione (GVD), assorbimento e regole di somma. Dispersione spaziale, attività ottica, effetti di secondo ordine. Cristalli fotonici, bande e bande proibite. Meta-materiali, indice negativo, idea del mantello dell'invisibilità. Onde confinate, guide d'onda e fibre ottiche, cavità risonanti. Guide e cavità in cristalli fotonici. Sorgenti convenzionali e laser: principi di funzionamento. Rivelatori ottici. Dispositivi a semiconduttore: LED, laser e celle fotovoltaiche. Modulatori elettro-ottici e acusto-ottici, effetto Faraday. Plasmoni-polaritoni di superficie, cenni di "plasmonica". Principi di nano-ottica, onde evanescenti, effetto delle punte. Ottica non lineare, principi e principali fenomeni.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenza dell'elettromagnetismo e della meccanica quantistica al livello di laurea triennale.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto.		

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.	

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.		

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.	

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.	

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 un esperimento di Fisica rilevante 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) Analisi del rumore e tecniche di riduzione. 3) Svolgimento in laboratorio di una attività sperimentale mirata essenzialmente alla comprensione della problematica fisica, 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 relazione finale scritta che sarà discussa 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 discussione dell'elaborato.	

Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA BIOMEDICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/07		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso ha lo scopo di fornire allo studente le capacità ed abilità legate alla caratterizzazione sperimentale delle sorgenti di radiazione usate nella diagnosi e terapia biomedica, all'uso di rivelatori di radiazione per imaging radiologico, medico-nucleare e di dosimetri di radiazione, nonché legate allo studio degli effetti biologici delle radiazioni. A tale scopo, il corso si divide in due parti. Per quanto riguarda le attività di laboratorio di biofisica delle radiazioni, il corso intende fornire allo studente la pratica di laboratorio di biofisica delle radiazioni necessaria alla comprensione delle modalità della ricerca sperimentale nel settore. In particolare lo studente sarà guidato nell'applicazione delle proprie conoscenze precedentemente acquisite in relazione agli effetti delle radiazioni su biomolecole, cellule, tessuti ed organismi, nonché ai modelli biofisici. Lo studente metterà a punto uno o più esperimenti di laboratorio, di interesse metodologico nel settore. Per quanto riguarda le attività di laboratorio di fisica medica, il corso intende fornire conoscenze e capacità operative su: caratterizzazione di fasci da tubi radiogeni, rivelatori digitali per applicazioni radiografiche, dosimetria a termoluminescenza e radiocromica, rivelatori e collimatori per imaging con raggi gamma.		
Programma sintetico: Laboratorio di biofisica delle radiazioni - Biofisica molecolare e cellulare: strumentazione di base, tecniche di biofisica cellulare e molecolare; biofisica delle radiazioni: modelli radiobiologici, curve dose-effetto, sopravvivenza cellulare in vitro, effetti citologici e mutazionali dovuti alle radiazioni ionizzanti. Macchina a raggi X: principi fisici di funzionamento, caratteristiche principali (filtri, kV, mA), dosimetria, elementi radioprotezionistici di base. Esperienze di laboratorio: efficienza di piastramento, curva di sopravvivenza di cellule esposte a raggi X, analisi di aberrazioni cromosomiche radio indotte. Laboratorio di fisica medica - Caratterizzazione di un tubo radiogeno: distribuzione spaziale dell'intensità del fascio, HVL, filtrazione. Linearità dell'output del tubo con la corrente del tubo e con la durata dell'esposizione. Misure con camere a ionizzazione. Misure con dosimetri TLD e radiocromici. Acquisizione di immagini test in laboratorio con rivelatori commerciali e non: caratterizzazione del rivelatore e delle sue capacità di imaging. Acquisizioni di immagini con radiazione gamma da sorgenti radioattive, per misure di caratterizzazione di collimatori di radiazione a pinhole e a fori paralleli. Ricerca di dati e lavori nella letteratura scientifica del settore.		
Esami propedeutici: Biofisica delle Radiazioni e Fisica medica.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale e/o prova di laboratorio.		

Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	

Obiettivi formativi: Acquisizione, anche mediante un'esperienza pratica in laboratorio, di conoscenza e capacità applicative nelle moderne tecniche di caratterizzazione dei materiali gassosi e condensati, incluse le principali tecniche spettroscopiche e microscopiche, sia di tipo elettromagnetico che elettronico.	
Programma sintetico: - Rivelatori di radiazione elettromagnetica per le regioni UV-VIS-IR (celle fotovoltaiche, fotodiodi, fotomoltiplicatori, CCD, termopile, bolometri: detectivity, NEP, linearità, calibrazione). - Sorgenti di radiazione (laser, lampade spettrali, luce di sincrotrone). - Problemi di sicurezza con sorgenti laser. - Rumore nelle misure elettriche: richiamo sulle sorgenti di rumore, spettro di rumore, densità spettrale. - Sistemi di estrazione del segnale dal rumore: filtri, aggancio in fase, media temporale. Applicazioni a misure in continua ed a segnali pulsati. - Misure di piccole correnti. - Tecniche spettroscopiche (fluorescenza, assorbimento, F-TIR, scattering elastico ed anelastico). Applicazione allo studio della materia gassosa, soffice e solida. - Strumentazione per spettroscopia ottica (reticoli, interferometri, spettrofotometri, monocromatori). - Tecniche per la produzione e la misura del vuoto. Flusso di gas. Fasci atomici e molecolari. - Spettrometria di massa. - Tecniche di misura di parametri ottici e proprietà di trasporto (misure di riflettanza, fotoconduzione). - Diffrazione di raggi X. - Microscopie ottiche ed elettroniche (AFM, SNOM, SEM, STM). Le lezioni in aula sugli argomenti citati sopra vengono completate da una esperienza svolta in un laboratorio di ricerca.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti: Conoscenza della fisica generale e capacità applicative nella pratica di laboratorio quali tipicamente acquisite con la laurea in fisica di primo livello (laurea triennale).	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e prova pratica.	

Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA DELLE PARTICELLE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
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 ed applicare le moderne tecniche sperimentali in Fisica delle Particelle Elementari. Lo studente valorizzerà le sue capacità in laboratorio, effettuando un esperimento di Fisica Subnucleare, approfondirà la sua conoscenza dell'elaborazione statistica dei dati raccolti, ed esporrà 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: 1) Approfondimento delle conoscenze su tecniche di rivelazione e misura in Fisica delle Particelle Elementari. 2) Cenni sulle tecniche di accelerazione di particelle di alta energia e sui grandi apparati sperimentali ad esse associati. 3) Svolgimento in laboratorio di una attività sperimentale specifica nel campo delle particelle elementari, mirata essenzialmente alla comprensione della problematica fisica, alla messa a punto dell'apparato e del sistema di acquisizione dati, alla esecuzione delle misure, alla analisi dei dati con trattazione degli errori, ed al confronto con dati esistenti. 4) 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.		

Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/04		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	

Obiettivi formativi: Il corso ha lo scopo di consentire agli studenti il conseguimento della conoscenza delle principali metodologie sperimentali tipicamente adoperate per le ricerche fondamentali e applicate nel campo della Fisica Nucleare. Particolare riguardo sarà rivolto alla progettazione e all'utilizzazione della strumentazione elettronica, degli apparati di rivelazione e di misura e delle relative tecniche di controllo automatizzato tramite l'uso di sistemi informatici avanzati. Sarà quindi curato l'apprendimento delle moderne tecniche di analisi dei dati sperimentali, anche attraverso lo studio e l'implementazione di opportuni pacchetti software.
Programma sintetico: Analisi dei dati sperimentali. Distribuzioni di probabilità: chi quadro, t di Student, F, Maxwell. Stime dei parametri. Inferenza statistica. Test d'ipotesi per variabili normali. Test di bontà del "fit". Cenni sul metodo MonteCarlo. Applicazioni alla Fisica Nucleare. -Rivelatori di particelle Generalità. Scintillatori, fotomoltiplicatori. Rivelatori a stato solido. Camere a ionizzazione. Apparati di rivelazione. -Elettronica per il processamento e l'acquisizione dei dati. Elettronica integrata. Elaborazione elettronica dei dati. Cenni sui sistemi di acquisizione. -Svolgimento di un esperimento completo di fisica nucleare o di fisica nucleare applicata. Calibrazione della strumentazione elettronica. Uso di sorgenti radioattive. Caratterizzazione di un rivelatore a stato solido. Caratterizzazione di un rivelatore a gas. Verifica sperimentale di semplici leggi della fisica nucleare.
Esami propedeutici:
Prerequisiti:
Modalità di accertamento del profitto: Colloquio e prova pratica.

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 tecniche più moderne di progettazione di sistemi digitali basati su Field Programmable Gate Array (FPGA). Questi dispositivi permettono di realizzare circuiti di complessità equivalente a centinaia di migliaia di gates e possono essere riconfigurati in laboratorio con l'ausilio di appositi strumenti di progettazione assistita da calcolatore. Lo studente applica le sue conoscenze generali di elettronica digitale all'architettura di questi dispositivi ed apprende nuovi metodi di progetto, analisi e verifica appositamente sviluppati per queste applicazioni, ma facilmente esportabili allo sviluppo di circuiti a vasta scala di integrazione (VLSI). 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, dando particolare enfasi al flusso di progettazione delle FPGA. 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:

Richiami di elettronica digitale

- condizioni di hazard nella logica combinatoria
- architetture di latch e flip-flop master slave: condizioni di hazard e soluzioni circuitali
- analisi di circuiti sequenziali e studio del timing
- automi a stati finiti, codifica One-Hot, gestione degli stati illegali
- distribuzione del clock ed analisi degli effetti dello skew
- analisi statica e stima delle prestazioni in frequenza
- tecniche di progetto e di interfacciamento tra dispositivi

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
- studio delle caratteristiche elettriche e di commutazione

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 per le esercitazioni di laboratorio
- 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

verifica e collaudo in laboratorio del progetto

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 + sviluppo e discussione di un progetto di laboratorio.

Insegnamento: MECCANICA DEL CONTINUO**Settore Scientifico - Disciplinare:** FIS/06**CFU:** 8**Tipologia attività formativa:****Altro:****Obiettivi Formativi:**

Acquisire un'adeguata conoscenza delle equazioni che governano la statica e dinamica dei corpi deformabili (elasticità e onde sismiche), del movimento dei fluidi, compressibili e non, per un'utile applicazione in campo della modellistica dei processi fisici che avvengono nella terra e nell'atmosfera. Al termine del corso lo studente saprà affrontare in maniera critica e autonoma studi più avanzati sull'argomento, dovrà di dimostrare, durante la prova di esame, di conoscere e comprendere l'argomento affrontando un problema, formulando in maniera chiara ipotesi e approssimazioni, proponendo soluzioni, verificando la coerenza e l'attendibilità dei risultati.

Contenuti:

Descrizione cinematica per i corpi deformabili e definizione del tensore delle deformazioni infinitesime. Equazione di continuità, Equazioni cardinali del moto e definizione del tensore degli sforzi e sua relazione con le forze di superficie. L'equazione dell'energia e sforzo di Piola. Teoria infinitesima dell'elasticità (definizioni e approssimazioni), legge di Hooke generalizzata, l'equazione del moto per i corpi elastici. Equazione di Navier statica, teoremi di esistenza e unicità, equazioni di compatibilità. Definizione dei parametri elastici. Sforzi termici. Rappresentazione delle soluzioni equazioni di Navier statica mediante potenziale vettore e scalare (teorema della rappresentazione di Helmholtz e Lamé), soluzioni nello spazio infinito e seminfinito (soluzioni di Mogi). Campi di sforzo e deformazioni piani, Applicazioni.

Soluzioni dell'equazione dinamica: onde di volume e di superficie.

Equazioni per la dinamica dei fluidi, equazione dell'energia, statica dei fluidi. Condizioni per l'assenza di convezione. Fluidi non viscosi (ideali): proprietà delle soluzioni, vorticità, legge di Bernoulli, onde sonore, velocità del suono. Condizioni per la compressibilità e incompressibilità. Equazione di Navier-Stokes (fluidi con viscosità costante e incompressibili): alcune soluzioni unidimensionali (Poiseuille, Couette), dissipazione di energia nello scorrimento viscoso. Formule di Stokes, viscosità di sospensioni. Analisi dimensionale e numeri adimensionali o. Equazione del calore e equazioni della convezione libera nell'approssimazione di Boussinesq. Numeri di Nusselt e Prandtl. Applicazioni.

Propedeuticità:

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio e/o prova scritta.

Insegnamento: MECCANICA QUANTISTICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 9
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Conoscenza ed approfondimento dei principali strumenti concettuali della meccanica quantistica ed elementi di meccanica quantistica relativistica insieme all'acquisizione delle capacità di applicare tali conoscenze alla fisica atomica, dei solidi, nucleare e delle particelle elementari.		
Programma sintetico: 1) Richiami di Meccanica Quantistica elementare: Problemi e applicazioni. Il formalismo di Dirac. 2) Dinamica quantistica: evoluzione temporale, rappresentazione di Heisenberg, di Schroedinger e di interazione, simmetrie e leggi di conservazione, propagatore e integrali di cammino à la Feynman. 3) Rotazioni e altre operazioni di simmetria: cenni di teoria dei gruppi, i gruppi SO(3) e SU(2). Il momento angolare come generatore delle rotazioni, i sistemi a spin 1/2. Composizione di momenti angolari e coefficienti di Clebsch-Gordan. Isospin. Operatori tensoriali e teorema di Wigner-Eckart, applicazioni ed esempi dalla fisica atomica e nucleare (multipoli, momento magnetico e fattore di Landè...). Simmetrie discrete P (parità) e T (inversione temporale). Cenni sulle trasformazioni di gauge. 4) Misura e stati misti: processo di misura, stati puri e misti, entanglement, paradosso di Einstein-Podolsky-Rosen, disuguaglianze di Bell, matrice densità. 5) Teoria delle perturbazioni e applicazioni: richiami di teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo ed applicazioni. Perturbazioni dipendenti dal tempo, il caso dei sistemi a due livelli, risonanza magnetica di spin e Maser. La serie di Dyson, la regola d'oro di Fermi. Interazione radiazione materia in approssimazione semiclassica. 6) Diffusione elastica da potenziale: sezione d'urto, equazione di Lippmann-Schwinger, approssimazione di Born, onde parziali e phase shifts, diffusione su buca quadrata e sfera impenetrabile, lunghezza di scattering, teorema ottico, diffusione risonante, diffusione di particelle identiche. 7) Equazioni d'onda relativistiche. Equazione di Klein-Gordon: derivazione, equazione di continuità, soluzioni. Equazione di Dirac: derivazione, equazione di continuità, bispinori, matrici gamma, covarianza dell'equazione, soluzioni per particella libera, limite non relativistico ed accoppiamento al campo elettromagnetico, equazione di Pauli, soluzioni a energia negativa, pacchetti d'onda e Zitterbewegung, paradosso di Klein. Traslazione, parità, coniugazione di carica e inversione temporale per particelle di Dirac. Elicità. Fermioni a massa nulla.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: Conoscenze basilari di fisica classica e quantistica tipicamente acquisite in una laurea triennale in Fisica.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e scritto.		

Insegnamento: MECCANICA QUANTISTICA DEI MOLTI CORPI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Conoscenza dei principali strumenti concettuali della meccanica quantistica delle interazioni e dei sistemi di particelle interagenti, con un livello di approfondimento e formalizzazione paragonabile, ad esempio, a quello dei testi “Meccanica quantistica moderna” di Sakurai, Quantum Mechanics-A Modern Development di L. Ballentine, Quantum Theory of Many-Particle Systems di A.L. Fetter and J.D. Walecka, “Quantum Mechanics” di Merzbacher, “Meccanica quantistica” di Davydov e, per la parte di introduzione all’elettrodinamica quantistica, “Quantum field theory” di Mandl e Shaw, e acquisizione delle corrispondenti capacità applicative in fisica atomica, molecolare, dei solidi, nucleare e delle particelle. Include, in particolare: particelle identiche e seconda quantizzazione, sistemi di particelle interagenti, quantizzazione del campo elettromagnetico e sua interazione con la materia, quantizzazione del campo bosonico e fermionico, teoria dello scattering, diagrammi di Feynman, introduzione all’elettrodinamica quantistica.		

Programma sintetico:	
1) Particelle identiche e seconda quantizzazione: indistinguibilità, simmetria rispetto alle permutazioni, determinanti e permanenti, spazio di Fock, operatori di creazione e distruzione bosonici e fermionici, operatori campo.	
2) Sistemi di particelle interagenti: il metodo variazionale, il metodo Hartree-Fock, gas di Bose interagente, metodo della densità funzionale.	
3) Funzioni di Green. Matrice S, teorema di Wick, regole di Feynman nello spazio delle configurazioni e nello spazio degli impulsi. Funzione spettrale e misure ARPES. Teoria della risposta lineare e formule di Kubo: suscettività magnetica, conducibilità ottica e funzione dielettrica. Formalismo di Mori: funzione memoria e equazione di Langevin.	
4) Quantizzazione del campo elettromagnetico: oscillatori e quantizzazione del campo, energia e impulso del campo, fotone, invarianza di gauge, momento angolare e parità del fotone, fluttuazioni e indeterminazione fase-ampiezza, scattering Thomson, interazione non relativistica radiazione materia, righe spettrali.	
5) Quantizzazione del campo bosonico e fermionico: operatori di creazione e distruzione per particelle e antiparticelle, densità di corrente, lagrangiana di campo, coniugazione di carica, il propagatore mesonico e il propagatore elettronico, cenni alla quantizzazione covariante del campo e.m e propagatore fotonico.	
Esami propedeutici: Meccanica quantistica.	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto.	

Insegnamento: MECCANICA STATISTICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 9
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire le competenze necessarie all'uso della meccanica statistica e delle sue applicazioni nelle varie parti della fisica. In particolare si sviluppano le capacità di comprensione dei vari insiemi canonici con le loro applicazioni fisiche ai gas ed alla materia condensata.		
Programma sintetico: Elementi di termodinamica. Equilibrio termico e temperatura. Primo principio. Secondo principio. Formulazione variazionale del secondo principio. Potenziali termodinamici e trasformazioni di Legendre. Relazioni di Maxwell. Funzioni estensive ed equazione di Gibbs-Duhem. Funzioni intensive. Pressione osmotica. Teoria cinetica: legge di Fick. Random walk. Principi della meccanica statistica. Il postulato fondamentale. Metodo statistico ed ensemble. Ensemble microcanonico. Ensemble canonico. Esempi. Formula di Gibbs per l'entropia. Derivazione variazionale delle distribuzioni d'equilibrio. Ensemble grancanonico. Fondamenti della meccanica statistica quantistica. Matrice densità. Transizioni di fase. Modello di Ising e gas reticolare. Rottura di simmetria e distanza di coerenza. Teorie di campo medio. Esponenti critici. Scaling. Gruppo di rinormalizzazione sullo spazio reale. Gruppo di rinormalizzazione di Migdal-Kadanoff. Fenomeni dipendenti dal tempo. Teoria di Langevin del moto Browniano. Teorema di Wiener-Khinchine. Master equation. Equazione di Fokker-Planck. Teorema H. Equazione di Boltzmann.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

Insegnamento: METODI INVERSI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/06		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro:	
Obiettivi Formativi: Il corso si propone di favorire la comprensione delle metodologie per il trattamento dei problemi inversi e di stima dei parametri, con particolare attenzione ad aspetti fondamentali dei metodi inversi quali l'incertezza, i problemi mal-posti, la regolarizzazione e la risoluzione. La presentazione teorica degli argomenti è accompagnata da esempi illustrativi, prevalentemente in ambito geofisico, implementati numericamente. Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito conoscenze e competenze che gli consentono di affrontare in autonomia e con spirito critico l'inversione di dati sperimentali.		

Contenuti: Classificazione dei problemi inversi. Esistenza, unicità e stabilità della soluzione. Regressione lineare in norma L_2 . Regressione in norma L_1 e propagazione Monte Carlo degli errori. Discretizzazione di problemi inversi continui. Problemi a deficienza di rango e problemi mal-condizionati. Decomposizione ai valori singolari e soluzione inversa generalizzata. Regularizzazione di Tikhonov. Metodi iterativi. Tecniche di Fourier. Regressione non-lineare e problemi inversi non-lineari. Tecniche numeriche: metodi Monte Carlo, downhill simplex method, simulated annealing, algoritmo genetico, neighbourhood algorithm. Approccio bayesiano.
Propedeuticità:
Modalità di accertamento del profitto: Colloquio e/o prova scritta.

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.		

Insegnamento: METODI NUMERICI PER LA FISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Acquisire la capacità di risolvere problemi complessi di fisica mediante l'utilizzo di metodi numerici e simulazioni al computer.		
Programma sintetico: L'ambiente di lavoro UNIX: elementi di shell e comandi principali. Strumenti di analisi e visualizzazione dei dati: gnuplot. Elementi di programmazione in C e Fortran. Metodi numerici per la differenziazione e integrazione. Metodi per l'inversione e diagonalizzazione di matrici. Algoritmo di Lanczos. Equazioni differenziali ordinarie e alle derivate parziali. Le equazioni <i>stiff</i> . 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. Slowing down critico. Algoritmi Monte Carlo avanzati. Percolazione. Proprietà dei grafi e identificazione dei cluster connessi. Dinamica molecolare newtoniana e browniana. Algoritmi Monte Carlo quantistici. 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:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

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: - Fondamenti di materia condensata, transizioni di fase, materiali e loro classificazione - 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 con semiconduttori 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: Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.
--

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: Il software IMAGEJ e Matlab per l'analisi delle immagini: esempi ed applicazioni. Filtraggio e segmentazione delle immagini. Convoluzione. Analisi di sistemi lineari. Formati dati di immagini. I sistemi PACS. Parametri di qualità delle immagini: Contrasto, Rumore, SNR, MTF, NPS, DQE. Le tecniche di imaging medico CT, SPECT, PET, MRI. Algoritmi per la ricostruzione di immagini tomografiche sia di tipo analitico che iterativo.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e prova pratica.		

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: Elementi di Architettura degli Elaboratori - Struttura dati e di controllo di un microprocessore - Interfacciamento con la memoria - Periferici - Bus sincroni ed asincroni - Tecniche di Interruzione di programma - Tecniche di progetto e di interfacciamento - Programmazione in C ed assembler Sistemi Embedded - Richiami di VHDL - Richiami di architettura delle FPGA - Core sintetizzabili di processori embedded su FPGA - Architetture ad 8 bit - Architetture a 32 bit - Flusso di progetto - Studio delle caratteristiche elettriche e di commutazione Esercitazioni di laboratorio - Studio di una scheda basata su FPGA per le esercitazioni di laboratorio. - Esempi di sintesi e simulazione di processori embedded. - Sviluppo autonomo di un progetto concordato con il docente. Verifica e collaudo in laboratorio del progetto.	
Esami propedeutici: Elettronica Digitale, Laboratorio di Sistemi Digitali.	
Prerequisiti: Conoscenza delle FPGA e del loro flusso di progetto. Conoscenza dei linguaggi C e VHDL.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale + sviluppo e discussione di un progetto di laboratorio.	

Insegnamento: MISURE NUCLEARI	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/ 04	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: Il corso fornisce le conoscenze di base dell'interazione delle radiazioni ionizzanti con la materia, la loro misura e le relative applicazioni. Presenta le principali tecniche di produzione di fasci ionici di bassa energia e le loro applicazioni sia nel campo della Fisica Nucleare di base che applicata. Vengono illustrate le metodologie di rivelazione e analisi più comuni. Vengono forniti i principali strumenti interpretativi dei risultati di esperimenti per lo studio delle reazioni nucleari di bassa energia.	
Programma sintetico): Caratteristiche dei decadimenti radioattivi e loro misura. Catene di decadimento. Equilibrio radioattivo. Sorgenti di radiazione. Interazione delle radiazioni con la materia. Radiazioni direttamente e indirettamente ionizzanti. Cenni di dosimetria, limiti di dose, monitoraggio ambientale e personale. Principali tecniche di misura della radioattività, e relative catene di elettronica. Reazioni nucleari: leggi di conservazione, cinematica e trasformazioni laboratorio-CM. Teoria classica della diffusione. Teoria quantistica: ampiezza di diffusione e sezione d'urto, sfasamenti. Spettrometria alfa, beta e gamma. Impiantazione ionica, Analisi RBS, Analisi ERDA, Attivazione nucleare, Analisi NRA. Spettrometria di massa AMS. Programmi di simulazione.	
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 orale.	

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 montecarlo, 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: Metodi: 1) Dinamiche Montecarlo. 2) Dinamiche molecolari per potenziali atomici sferici. 3) Tecniche di simulazione delle macromolecole. 4) Dinamiche event-driver per potenziali discontinui. 5) Analisi delle proprietà delle reti (grado di connettività, clustering coefficient, average shortest path length, betweenness, etc.) 6) Tecniche di ottimizzazione e inferenza bayesiana, simulated annealing. Problemi: 1) Struttura e funzione delle proteine, interazione tra proteine e proprietà di aggregazione, comportamenti collettivi dei recettori sulla membrana cellulare. 2) Struttura complessa del DNA, regolazione genica, organizzazione spaziale dei cromosomi, adattamento in epigenomica. 3) Proprietà reologiche complesse del sangue. 4) Fisiologia dei neuroni, dinamica complessa delle reti neurali, plasticità e apprendimento. 5) Genetica delle popolazioni e sua evoluzione. 6) Modelli di diffusione di epidemie.		
Esami propedeutici: Meccanica Statistica 1.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o prova pratica.		

Insegnamento: OTTICA QUANTISTICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/03		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Acquisizione di conoscenza sulla natura quantistica del campo elettromagnetico, sugli stati coerenti e squeezed della radiazione, sulla trattazione quantistica dell'interazione radiazione-materia e sull'entanglement di fotoni e relative capacità applicative.		
Programma sintetico: Teoria quantistica della radiazione e dell'interazione radiazione-materia. Stati coerenti e squeezed. Distribuzione quantistica. Interferenza campo-campo e fotone-fotone. Squeezing mediante processi non lineari.		
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 e/o esame scritto.		

Insegnamento: PLANETOLOGIA COMPARATA		
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: La terra come pianeta. Il Sistema solare: fenomenologia. Rapporti tra il Sole ed il Sistema Solare. Teorie di Formazione del Sistema Solare. Fisica delle atmosfere planetarie. Fisica degli Interni Planetari.Oggetti minori del sistema solare. Pianeti extrasolari.		
Esami propedeutici: Astrofisica		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto.		

Insegnamento: PROGRAMMAZIONE A OGGETTI PER LA FISICA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Conoscenze e le capacità applicative per la costruzione di modelli di fenomeni fisici e relativa strumentazione per la loro misura al fine di produrre simulazioni al calcolatore e software per l'analisi di dati sperimentali. Capacità di analisi e sviluppo ad oggetti del problema fisico. Padronanza delle tecniche di programmazione ad oggetti in linguaggio C++ per sviluppare progetti di media complessità con enfasi sugli aspetti di flessibilità ed estensibilità del codice prodotto.		
Programma sintetico: Richiami di programmazione imperativa in linguaggio C e del sistema operativo UNIX/LINUX. Sintassi C++. Classi ed oggetti. Incapsulamento dell'informazione e astrazione delle interfacce. Riuso del codice mediante ereditarietà o aggregazione. Interfacce astratte e polimorfismo. Analisi e design ad oggetti di un problema. Cenni di Unified Model Language (UML). Comuni Design Patterns nei linguaggi di programmazione ad oggetti. Programmazione generica con i templates del C++. Introduzione ai principali componenti generici della Standard Template Library (containers, algoritmi generici). Durante il corso verranno trattate applicazioni in Fisica e relative tecniche di programmazione, sviluppando il codice nel laboratorio informatico. Gli esempi affrontati includono: rappresentazione ed uso in C++ di numeri complessi, matrici, sistemi lineari, quadrivettori, trasformazioni di Lorentz; uso di un framework ad oggetti (ROOT) per l'analisi dei dati e la visualizzazione grafica dei risultati; generazione numeri casuali con densità di probabilità nota; esempi di simulazioni in Meccanica Statistica (modello di Ising); simulazioni di decadimenti di particelle a due, tre ed N corpi; simulazioni di interazioni della radiazione con la materia, simulazione parametrica di rivelatori ed analisi statistica degli effetti statistici e sistematici; problemi di ottimizzazione di classificazioni mediante neural networks e algoritmi genetici.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti: esperienza elementare di sviluppo di semplici algoritmi al livello del corso di Informatica della triennale.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e progetto scritto.		

Insegnamento: REAZIONI NUCLEARI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01 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. Sebbene questo non sia un corso di metodologia o tecniche sperimentali, si fa ampio riferimento agli esperimenti ed ai risultati delle misure. Lo studente alla fine del corso deve essere in grado di individuare le fasi sperimentali di una reazione nucleare, interpretarne i risultati e comprendere l'informazione contenuta nei grafici.		
Programma sintetico): Reazioni nucleari: leggi di conservazione, cinematica e trasformazioni laboratorio-CM. Teoria classica della diffusione. Teoria quantistica e sviluppo in onde parziali: ampiezza di diffusione e sezione d'urto, sfasamenti, lunghezza di diffusione e portata efficace. Teoria formale della diffusione: funzioni di Green, equazione di Lippmann-Schwinger. Approssimazione di Born. Matrice di transizione e di diffusione. Approssimazione di Born in onde distorte. Operatore di evoluzione. Matrice S. Sviluppo in onde parziali. Reazioni di nucleo composto. Teoria formale del potenziale ottico. Teoria di Hauser-Feshbach. Reazioni di fusione e fissione. Reazioni dirette. Reazioni di trasferimento e fattori spettroscopici. Eccitazione colombiana. Risonanze giganti. Fotoreazioni. Astrofisica nucleare. Collisioni nucleo-nucleo all'energia di Fermi. Transizioni fase della materia nucleare. Cenni sulle collisioni nucleo-nucleo a energie relativistiche.		
Esami propedeutici: Fisica nucleare.		
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 orale.		

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. Un'introduzione alla geometria differenziale,. Materia e Campi Gravitazionali. Una riformulazione quadridimensionale covariante della meccanica classica dei sistemi continui e della teoria della gravitazione di Newton, mediante la connessione di Cartan. La formulazione delle eq. di campo di Einstein. Test classici della teoria: precessione del perielio dei pianeti, deflessione dei raggi luminosi, spostamento verso il rosso delle righe spettrali. Uno studio di soluzioni particolari (sol. di Schwarzschild, sol. interna a una stella fluida in equilibrio, estensione di kruskal. Linearizzazione e gauge-fixing delle Equazioni di Einstein: onde gravitazionali. Soluzione di Schwarzschild. Introduzione alla Cosmologia, Metrica di Friedman-Robertson-Walker e modello Standard, il problema della costante cosmologica. Gravità in dimensioni maggiori di 4, Kaluza-Klein.		
Esami propedeutici: Elettrodinamica classica.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

Insegnamento: SENSORI, RIVELATORI ED ELETTRONICA ASSOCIATA		
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 dei sensori e dei rivelatori di radiazione e dell'elettronica di lettura dei segnali. Lo studente sarà in grado di comprendere e finalizzare le odierne tecniche di rivelazione della radiazione progettando l'elettronica di acquisizione. Lo studente valorizzerà la sua capacità di scelta fra le varie possibilità tecnologiche e progettuali odierne 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 (sillabo): Principi fisici di base ed avanzati nella rivelazione della radiazione. Effetti che determinano la rivelabilità della radiazione. Ionizzazione nei mezzi, effetto fotoelettrico e Compton, irraggiamento e creazione di coppie. Effetti termici nei mezzi. Dipendenze funzionali di questi fenomeni dall'energia della radiazione incidente e nei mezzi. Scelta dei materiali più idonei. Programmi avanzati di simulazione degli effetti delle radiazioni nella materia. Sensori e trasduttori ottici. Camere a ionizzazione, proporzionali e geiger. Studio di gas idonei e forme costruttive. Tecniche di lettura dei segnali. Rivelatori a scintillazione. Uso con varie forme di radiazione. Tecniche costruttive. Analisi approfondita del fotomoltiplicatore. Rivelatori a semiconduttore, giunzioni p-n in regime lineare, proporzionale e geiger. Fotodiodi nei diversi regimi. Formulazione avanzata del funzionamento e delle tecniche più recenti. Rivelatori termici, bolometri, funzionamento e analisi dei segnali. Progettazione avanzata di amplificatori e circuiti di acquisizione dati. Uso e scelta dei dispositivi elettronici. Integratori di carica, sample and hold e misuratori di tempo. Conversioni analogiche digitali. Sistemi di Front-End ed Acquisizione dati. Equivalente elettrico di un rivelatore e ottimizzazione con i circuiti di lettura dei segnali. Esempi attuali di utilizzo di sensori e rivelatori in vari campi della Fisica Fondamentale ed Applicata.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.		

Insegnamento: SISMOLOGIA		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/06		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire strumenti teorici e sperimentali finalizzati alla conoscenza della propagazione delle onde sismiche nella Terra e dei processi di generazione dei terremoti. Lo studente sarà introdotto all'analisi ed alla modellistica dei dati sismici per la determinazione dei principali parametri di sorgente.		

Programma sintetico:	
Elementi introduttivi all'analisi dei segnali in sismologia nel dominio del tempo e nel dominio delle frequenze. Propagazione delle onde sismiche: onde di volume, elementi di teoria del raggio, onde riflesse/rifratte, dromocrone, attenuazione anelastica, onde di superficie, modi normali, tomografia sismica, modelli di terra a scala regionale e globale. Rappresentazione fisica della sorgente sismica. Approssimazione di sorgente puntiforme: localizzazione, magnitudo/momento sismico e meccanismo focale dei terremoti. Modelli di sorgente estesa: cinematica della sorgente sismica, modello di Haskell, propagazione dinamica della frattura. Sismometria e caratterizzazione dei sensori sismici, sistemi di early warning e metodologie per la stima in tempo reale della localizzazione e della magnitudo. Esperienze di laboratorio : calcolo della localizzazione e della magnitudo per un evento registrato da una rete sismica. Introduzione al software per l'analisi dei sismogrammi. Stima del momento sismico dei terremoti mediante analisi di Fourier dei segnali sismici.	
Esami propedeutici:	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.	

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: Richiami di Meccanica Statistica; Sistemi Magnetici e Transizioni di Fase; Il Modello di Ising; Sistemi Disordinati; Percolazione; Vetri di Spin; Il Modello di Sherrington e Kirkpatrick; Nozioni di base di Teoria della Probabilità e Processi Stocastici; Dinamiche nei Sistemi Complessi; Metodi Monte Carlo; Applicazioni alla finanza, bioinformatica, reti neurali, algoritmi di ottimo.		
Esami propedeutici: Meccanica Statistica 1.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

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.	

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.		

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 e/o scritto.

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.		

Insegnamento: TECNICHE DI ACQUISIZIONE DATI		
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.		
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: Velocità, Posizione, Pressione, Temperatura, Sensori di radiazione, di luce, Fotodiodi, CCD. 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. 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. Attività sperimentale in laboratorio su sistemi di acquisizione (2 CFU).		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o esame scritto (+ prova pratica per il Lab.).		

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.		

Insegnamento: TECNOLOGIE ASTRONOMICHE		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/01, FIS/05		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Fornire capacità d'uso sperimentali, teoriche e numeriche per la progettazione e l'utilizzo dei più moderni strumenti HW w SW per l'acquisizione e l'interpretazione di dati astronomici.		
Programma sintetico: Fondamenti di MATLAB Caratterizzazione atmosfera, impatto sulle osservazioni e sui telescopi, teoria del seeing, dispersione, emissione, rifrazione, estinzione, problematiche di progettazione ADC e seeing monitor con esempi pratici. Progettazione ottica di un telescopio, ray tracing, metodi di calcolo della qualità dell'immagine ed error budget ottico, aberrazioni ottiche, metodi optomeccatronici per ottica attiva e adattiva. Esercitazioni: modello matematico di un correttore di dispersione atmosferica (ADC). Esercitazioni: modello matematico di un hexapod, uso di programmi di tracing. Moderni rivelatori per l'astronomia e tecniche di pre-riduzione dati. Strumentazione per astrofisica delle alte energie da terra (raggi cosmici e neutrini). Modello matematico di un fotomoltiplicatore, modello di simulazione di un telescopio per neutrini. Progettazione della struttura di un telescopio e relativa cupola, accoppiamenti meccanici, verifica interfaccia con sistemi ottici, impatto sull'error budget, FEA, sistema idrostatico (HBS), allineamenti ottico-meccanici, sistemi di guida, controllo della movimentazione in preset/tracking, impatto sull'error budget, derotazione di campo. Moderne tecniche e tecnologie per il data mining (DM) in astrofisica, GRID computing, intelligenza artificiale, virtual observatory. Modelli matematici per simulazioni in cosmologia, esempi d'implementazione di modelli di DM. Problematiche di organizzazione, strategie e management di un progetto tecnologico per l'astrofisica, dal design al commissioning tecnico in sito.		
Esami propedeutici: Astrofisica.		
Prerequisiti: Conoscenza di analisi matematica ed elementi di base di analisi funzionale.		
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o scritto.		

Insegnamento: TEORIA CLASSICA DEI CAMPI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire le principali conoscenze di teoria classica dei campi, con l'utilizzo di strumenti matematici adeguati e con particolare attenzione agli aspetti geometrici e topologici.		
Programma sintetico: Calcolo differenziale. Gruppi e algebre di Lie. Formalismo lagrangiano e hamiltoniano. Simmetrie e leggi di conservazione. Teorie di gauge su spazi fibrati. Teorie di Yang-Mills. Invarianti topologici. Teorie di campo topologiche. Solitoni topologici.		
Esami propedeutici: Elettrodinamica classica, Meccanica Quantistica.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

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: Nozioni basilari di teoria dei gruppi ed alcuni esempi notevoli. Gruppi topologici e misura di Haar. Gruppi ed algebre di Lie. Generalità sulle rappresentazioni dei gruppi. Caratteri dei gruppi abeliani ed elementi di analisi di Fourier su gruppi abeliani. Rappresentazioni di gruppi compatti e teorema di Peter-Weyl. Gruppi di simmetria in meccanica quantistica e teorema di Wigner sulle trasformazioni di simmetria. Rappresentazioni proiettive, moltiplicatori ed estensioni centrali. Forma integrata <i>à la</i> Weyl delle relazioni di commutazione canoniche, teorema di Stone-von Neumann e rappresentazioni del gruppo di Heisenberg-Weyl. Mappe di quantizzazione e dequantizzazione, quasi-distribuzioni quantistiche. Rappresentazioni indotte. Prodotti semidiretti di gruppi e rappresentazioni di prodotti semidiretti. Rappresentazioni irriducibili dei gruppi di Galilei e di Poincaré. Stati coerenti generalizzati. Rappresentazioni del gruppo affine della retta ed introduzione all'analisi wavelet.		
Esami propedeutici:		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

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.	

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: Introduzione storica. Punto Materiale: azione classica e principi variazionali, moto in spazi curvi Stringa Bosonica: Azione Classica di Nambu-Goto Azione di Poliakov e sua equivalenza con quella di Nambu-Goto, gauge conforme, formulazione Hamiltoniana e operatori di Virasoro. Quantizzazione. Teoria di Stringa come teoria di campi conformi in 2D. Operator Product Expansion e Operatori di Vertice associati con gli stati fisici. Moderne tecniche di quantizzazione: approccio BRST. Interazioni di Stringhe Bosoniche aperte e chiuse, ruolo dell'invarianza conforme nella "diagrammatica" delle ampiezze, alcuni casi semplici. Stringa Fermionica: cenni e introduzione alla Super Simmetria. Brane: cenni all'azione di Born-Infeld e alle soluzioni classiche di Super Gravità.	
Esami propedeutici: Elettrodinamica Classica, Meccanica Quantistica 1, Meccanica Quantistica 2.	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.	

Insegnamento: TEORIA E FENOMENOLOGIA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):
Obiettivi formativi: La conoscenza delle interazioni fondamentali delle particelle elementari e la loro fenomenologia, in particolare lo studio delle teorie di gauge per il modello standard e per le teorie unificate.	
Programma sintetico: Introduzione alla fenomenologia delle particelle elementari: dal decadimento beta alla scoperta della stranezza fino alla teoria V-A. Deep inelastic scattering e altri strumenti di investigazione della materia fondamentale. Modello Standard delle interazioni fondamentali: Teoria Elettrodebole e QCD. Quantizzazione alla Faddeev-Popov delle teorie di gauge non abeliane. Equazioni di Altarelli-Parisi. Teoria di Cabibbo delle interazioni deboli semi-leptoniche. Autostati di interazione e di massa: il modello di Cabibbo e la matrice di Cabibbo Kobayashi-Maskawa. La violazione di CP. Oscillazione di neutrini nel vuoto e nella materia. Teorie di grande unificazione: modelli di SU(5) e SO(10).	
Esami propedeutici: Elettrodinamica classica, Meccanica Quantistica, Teoria Quantistica dei Campi.	
Prerequisiti: Conoscenze basilari di fisica classica e quantistica tipicamente acquisite in una laurea triennale in Fisica.	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.	

Insegnamento: TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI	
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02	CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):

Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire conoscenze e competenze degli aspetti concettuali e tecnici della teoria quantistica dei campi. Alla fine del corso lo studente avrà acquisito gli strumenti necessari per analizzare e risolvere problemi nell'ambito della fisica delle interazioni fondamentali.	
Programma sintetico: Simmetrie e Teoria dei Gruppi. Le rappresentazioni dei gruppi di Lorentz e Poincaré. Il campo di Klein- Gordon e sua quantizzazione. Il campo di Dirac e sua quantizzazione. Campo elettromagnetico e sua quantizzazione. Campi in interazione e la matrice S. Diagrammatica di Feynman. Il modello $\lambda \phi^4$. La quantoelettrodinamica e le sue correzioni radiative. Metodo dell'integrazione funzionale. Rinormalizzazione. Rinormalizzabilità di una teoria di campo. La QED come teoria di Yang-Mills. Teorie di gauge non-abeliane e loro quantizzazione. Rottura spontanea della simmetria. Teorema di Goldstone. Sviluppo di una teoria di campo intorno ad un minimo del potenziale. Meccanismo di Higgs. Le anomalie.	
Esami propedeutici: Elettrodinamica Classica, Meccanica Quantistica.	
Prerequisiti:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.	

Insegnamento: TEORIA STATISTICA DEI CAMPI		
Settore Scientifico - Disciplinare: FIS/02		CFU: 8
Tipologia attività formativa:	Altro (specificare):	
Obiettivi formativi: Il corso introduce lo studente alla conoscenza di metodi avanzati della teoria di campo a basse dimensioni, con particolare enfasi su modelli di interesse per la fisica statistica e della materia condensata.		
Programma sintetico: Richiami di seconda quantizzazione, stati coerenti, path integral per bosoni e fermioni, rottura di simmetrie e fenomeni collettivi, gruppo di rinormalizzazione e fenomeni critici, modello sigma non-lineare, topologia, effetto Hall quantistico, isolanti topologici.		
Esami propedeutici: Meccanica quantistica, Teoria quantistica dei campi o Meccanica quantistica dei molti corpi.		
Prerequisiti:		
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.		

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, esaminato 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* segnaleranno, 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.