

**Università degli Studi di Napoli “Federico II”**  
**Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali**

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

**REGOLAMENTO DIDATTICO**

*A.A. 2010/2011 e successivi*

*(prima approvazione: A.A. 2009/10; aggiornamenti: include tutte le rettifiche introdotte entro l'anno 2012)*

**ARTICOLO 1**

*Definizioni*

1. Ai sensi del presente Regolamento si intende:
  - a) per Facoltà, la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali 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 Facoltà di Scienze MM.FF.NN. dell'Università degli studi di Napoli “Federico II”, ove non altrimenti specificato;
  - g) 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 Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali.
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. 10 del RDA e dall'art. 4 del presente Regolamento.
4. La Laurea Magistrale si consegue al termine del Corso di Laurea e comporta l'acquisizione di 120 Crediti Formativi Universitari.

### **ARTICOLO 3**

#### *Struttura didattica*

1. Il Corso di Laurea, salvo quanto previsto dal comma 5 dell'art.5 del RDA, è retto dal Consiglio di Coordinamento dei Corsi di Studio in Fisica (qui di seguito denominato "Consiglio" o CCS) costituito secondo quanto previsto dallo Statuto per i Consigli dei Corsi di Studio, dal RDA e dal Regolamento di Facoltà.
2. Il Consiglio è presieduto da un Presidente, eletto secondo quanto previsto dallo Statuto. Il Presidente ha la responsabilità del funzionamento del Consiglio, ne convoca le riunioni ordinarie e straordinarie.
3. Il Consiglio e il Presidente svolgono i compiti previsti dal RDA e dal Regolamento di Facoltà.

### **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, il Consiglio 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 Facoltà, sulla base di un ampliamento dell'impegno didattico e tutoriale nelle forme previste dagli art. 11 e 12 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. 22 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, il CCS 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. Al fine dell'approvazione da parte del Consiglio di Facoltà del Manifesto degli Studi di Facoltà di cui all'art. 9 del RDA, il CCS 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 dal CCS 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 al CCS di sostituire gli insegnamenti indicati nell'Allegato B1 con altri insegnamenti affini ed integrativi. La Giunta del CCS 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 dal CCS, secondo quanto stabilito dal RDA.

## **ARTICOLO 8**

### *Ulteriori iniziative didattiche dell'Università*

1. In conformità al comma 8 dell'art. 2 del RDA, il CCS può proporre all'Università 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. 20 del RDA.
2. Il Consiglio 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. 24 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 Presidente del CCS sulla base di modalità indicate nel Manifesto degli Studi e relative alla tipologia delle competenze acquisite.
5. Il Presidente del CCS 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. Il Consiglio 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. 26 del RDA e dal Regolamento di Facoltà.

## **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 Presidente del CCS che delibererà in merito.
3. Lo svolgimento delle prove finali è pubblico.

**Napoli, lì**

**IL RETTORE**  
**Guido TROMBETTI**

## **Allegato A**

### **A.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 Commissione nominata dal CCS in Fisica. 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 Commissione 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 Commissione 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 Commissione 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.

<b>Descrittore di Dublino</b>	<b>Risultati di apprendimento attesi</b>	<b>Metodi di apprendimento</b>	<b>Metodi di verifica</b>
<b>Conoscenza e capacità di comprensione</b>	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.
<b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b>	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.
<b>Autonomia di giudizio</b>	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.
<b>Abilità comunicative</b>	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	Tali abilità saranno acquisite durante il percorso di studio, mediante attività	Valutazione della capacità di esposizione, di sintesi e di uso



	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.	formative, che prevedono l'esposizione di argomenti di fisica, e nell'elaborazione della tesi.	appropriato degli strumenti informatici durante le prove di esame e, in particolare, durante la discussione della tesi.
<b>Capacità di apprendimento</b>	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 4 curricula:

- Curriculum "Sperimentale Applicativo"
- Curriculum "Teorico e dei Fondamenti della Fisica"
- Curriculum "Microfisico e della Struttura della Materia"
- Curriculum "Astrofisico, Geofisico e Spaziale"

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 SPERIMENTALE APPLICATIVO**

**Obiettivi formativi**

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

- il conseguimento di una approfondita conoscenza delle più moderne tematiche sperimentali applicate all'Elettronica, alla Fisica Biomedica, 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 SPERIMENTALE APPLICATIVO**

**I ANNO**

	<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>Moduli</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Ambito</b>	<b>S.S.D.</b>	<b>Modalità di svolgimento</b>
1	Elettrodinamica Classica (Insegnamento caratterizzante 1)	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
2	Meccanica Quantistica 1 (Insegnamento caratterizzante 2)	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
3	Laboratorio di Fisica (Insegnamento caratterizzante 3)	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
4	Insegnamento caratterizzante 4	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01 FIS/07	
5	Insegnamento caratterizzante 5	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01 FIS/07	
6	Insegnamento caratterizzante 6	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01 FIS/07	
7	Insegnamento caratterizzante 7	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03 FIS/04	
<b>TOTALE CFU I ANNO</b>		<b>56</b>					
<b>Totale esami I anno</b>		<b>7</b>	<b>Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio</b>				

<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)</b>							
<b>CURRICULUM SPERIMENTALE APPLICATIVO</b>							
<b>II ANNO</b>							
	<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>Moduli</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Ambito</b>	<b>S.S.D.</b>	<b>Modalità di svolgimento</b>
1	<i>Insegnamento affine e integrativo 1</i>	8	1	Attività affini o integrative	Attività affini o integrative		
2	<i>Insegnamento affine e integrativo 2</i>	8	1	Attività affini o integrative	Attività affini o integrative		
3	<i>Insegnamento a scelta autonoma</i>	8	1	A scelta	A scelta		
4	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
5	Prova finale	38					
<b>TOTALE CFU II ANNO</b>		<b>64</b>					
<b>Totale esami II anno</b>		<b>3</b>	<b>Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio</b>				

Può essere effettuato lo scambio di un insegnamento del primo anno (ad esclusione degli insegnamenti di Elettrodinamica Classica, Meccanica Quantistica 1, Laboratorio di Fisica) con un insegnamento del secondo anno. Il massimo numero consentito di scambi è due.

L'insegnamento a scelta autonoma può essere spostato al primo anno.

Le Altre Attività possono essere spostate al primo anno.

Gli insegnamenti caratterizzanti n. 4, 5, 6 del curriculum devono essere scelti fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, che ricadono nei settori scientifico-disciplinari (SSD): FIS/01, FIS/07.

L'insegnamento caratterizzante n. 7 del curriculum deve essere scelto fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, che ricadono nei settori scientifico-disciplinari (SSD): FIS/03, FIS/04.

Gli insegnamenti affini o integrativi n. 1 e 2 del curriculum devono essere scelti fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, o anche fra altri corsi attivati nell'Ateneo che siano caratterizzati da uno dei seguenti SSD: BIO/06, BIO/10, BIO/11, BIO/13, BIO/18, BIO/19, CHIM/02, CHIM/03, CHIM/06, FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/06, FIS/07, FIS/08, GEO/08, GEO/10, GEO/11, GEO/12, INF/01, ING-IND/31, ING-IND/35, 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, SECS-P/08, SECS-S/02, SECS-S/06.

L'insegnamento a scelta autonoma del curriculum può essere scelto fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, o anche fra altri corsi attivati nell'Ateneo senza vincoli sul settore scientifico-disciplinare.

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)**  
**CURRICULUM TEORICO E DEI FONDAMENTI DELLA FISICA**

**Obiettivi formativi**

Il curriculum "Teorico e dei Fondamenti della Fisica" 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 "Teorico e dei Fondamenti della Fisica", 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 – (ALLEGATO B1)**  
**CURRICULUM TEORICO E DEI FONDAMENTI DELLA FISICA**

**I ANNO**

	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Elettrodinamica Classica <i>(Insegnamento caratterizzante 1)</i>	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
2	Meccanica Quantistica 1 <i>(Insegnamento caratterizzante 2)</i>	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
3	Laboratorio di Fisica <i>(Insegnamento caratterizzante 3)</i>	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
4	Meccanica Statistica 1 <i>(Insegnamento caratterizzante 4)</i>	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
5	<i>Insegnamento caratterizzante 5</i>	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
6	<i>Insegnamento caratterizzante 6</i>	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
7	Meccanica Quantistica 2 <i>(Insegnamento caratterizzante 7)</i>	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
<b>TOTALE CFU I ANNO</b>		<b>56</b>					
<b>Totale esami I anno</b>		<b>7</b>	<b>Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio</b>				

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)**  
**CURRICULUM TEORICO E DEI FONDAMENTI DELLA FISICA**

**II ANNO**

	Insegnamento	CFU	Moduli	Tipologia	Ambito	S.S.D.	Modalità di svolgimento
1	Fisica Computazionale <i>(Insegnamento affine e integrativo 1)</i>	8	1	Attività affini o integrative	Attività affini o integrative	FIS/01	LF + LAB
2	<i>Insegnamento affine e integrativo 2</i>	8	1	Attività affini o integrative	Attività affini o integrative		
3	<i>Insegnamento a scelta autonoma</i>	8	1	A scelta	A scelta		
4	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
5	Prova finale	38					
<b>TOTALE CFU II ANNO</b>		<b>64</b>					
<b>Totale esami II anno</b>		<b>3</b>	<b>Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio</b>				

Può essere effettuato lo scambio di un insegnamento del primo anno (ad esclusione degli insegnamenti di Elettrodinamica Classica, Meccanica Quantistica 1, Laboratorio di Fisica) con un insegnamento del secondo anno. Il massimo numero consentito di scambi è due.

L'insegnamento a scelta autonoma può essere spostato al primo anno.

Le Altre Attività possono essere spostate al primo anno.

Gli insegnamenti caratterizzanti n. 5 e 6 del curriculum devono essere scelti fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, che ricadono nel settore scientifico-disciplinare (SSD): FIS/02.

L'insegnamento affine o integrativo n. 2 del curriculum deve essere scelto fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, o anche fra altri corsi attivati nell'Ateneo che siano caratterizzati da uno dei seguenti SSD: BIO/06, BIO/10, BIO/11, BIO/13, BIO/18, BIO/19, CHIM/02, CHIM/03, CHIM/06, FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/06, FIS/07, FIS/08, GEO/08, GEO/10, GEO/11, GEO/12, INF/01, ING-IND/31, ING-IND/35, 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, SECS-P/08, SECS-S/02, SECS-S/06.

L'insegnamento a scelta autonoma del curriculum può essere scelto fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, o anche fra altri corsi attivati nell'Ateneo senza vincoli sul settore scientifico-disciplinare.

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)**  
**CURRICULUM MICROFISICO E DELLA STRUTTURA DELLA MATERIA**

**Obiettivi formativi**

Il curriculum "Microfisico e della Struttura della Materia", ha, in aggiunta a quelli generali del corso di laurea magistrale in Fisica, i seguenti obiettivi:

- l'acquisizione di un'approfondita conoscenza dei più moderni sviluppi della Fisica della Materia o della Fisica Nucleare, nei campi teorico, sperimentale ed applicativo, nonché delle tematiche interdisciplinari connesse, come quelle relative al settore informatico.
- le conoscenze di metodologie sperimentali e la capacità di sviluppare ed utilizzare apparati di misura avanzati che consentono al laureato magistrale di inserirsi sia nella ricerca fondamentale e applicata sia in ambiti lavorativi connessi con lo sviluppo e l'applicazione di tecnologie avanzate. Essi comprendono, per esempio, i settori industriali dei semiconduttori, della tecnologia dell'informazione e della comunicazione, della fotonica, dei nuovi materiali, delle tecniche diagnostiche avanzate, della prevenzione e controllo dei rischi ambientali, dell'analisi nel campo dei beni culturali e della radioprotezione. In questi, come in altri settori, il laureato è in grado di operare con elevato livello di autonomia, e di affrontare e risolvere problemi con caratteristiche non standard.

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)**  
**CURRICULUM MICROFISICO E DELLA STRUTTURA DELLA MATERIA**

**I ANNO**

	<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>Moduli</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Ambito</b>	<b>S.S.D.</b>	<b>Modalità di svolgimento</b>
1	Elettrodinamica Classica <i>(Insegnamento caratterizzante 1)</i>	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
2	Meccanica Quantistica 1 <i>(Insegnamento caratterizzante 2)</i>	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
3	Laboratorio di Fisica <i>(Insegnamento caratterizzante 3)</i>	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
4	Meccanica Quantistica 2 <i>(Insegnamento caratterizzante 4)</i>	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
5	<i>Insegnamento caratterizzante 5</i>	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03 FIS/04	
6	<i>Insegnamento caratterizzante 6</i>	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03 FIS/04	
7	<i>Insegnamento caratterizzante 7</i>	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	
<b>TOTALE CFU I ANNO</b>		<b>56</b>					
<b>Totale esami I anno</b>		<b>7</b>	<b>Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio</b>				

<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)</b>							
<b>CURRICULUM MICROFISICO E DELLA STRUTTURA DELLA MATERIA</b>							
<b>II ANNO</b>							
	<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>Moduli</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Ambito</b>	<b>S.S.D.</b>	<b>Modalità di svolgimento</b>
1	<i>Insegnamento affine e integrativo 1</i>	8	1	Attività affini o integrative	Attività affini o integrative		
2	<i>Insegnamento affine e integrativo 2</i>	8	1	Attività affini o integrative	Attività affini o integrative		
3	<i>Insegnamento a scelta autonoma</i>	8	1	A scelta	A scelta		
4	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
5	Prova finale	38					
<b>TOTALE CFU II ANNO</b>		<b>64</b>					
<b>Totale esami II anno</b>		<b>3</b>	<b>Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio</b>				

Può essere effettuato lo scambio di un insegnamento del primo anno (ad esclusione degli insegnamenti di Elettrodinamica Classica, Meccanica Quantistica 1, Laboratorio di Fisica) con un insegnamento del secondo anno. Il massimo numero consentito di scambi è due.

L'insegnamento a scelta autonoma può essere spostato al primo anno.

Le Altre Attività possono essere spostate al primo anno.

Gli insegnamenti caratterizzanti n. 5 e 6 del curriculum devono essere scelti fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, che ricadono nei settori scientifico-disciplinari (SSD): FIS/03, FIS/04.

L'insegnamento caratterizzante n. 7 del curriculum deve essere scelto fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, che ricadono nel settore scientifico-disciplinare (SSD): FIS/01.

Gli insegnamenti affini o integrativi n. 1 e 2 del curriculum devono essere scelti fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, o anche fra altri corsi attivati nell'Ateneo che siano caratterizzati da uno dei seguenti SSD: BIO/06, BIO/10, BIO/11, BIO/13, BIO/18, BIO/19, CHIM/02, CHIM/03, CHIM/06, FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/06, FIS/07, FIS/08, GEO/08, GEO/10, GEO/11, GEO/12, INF/01, ING-IND/31, ING-IND/35, 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, SECS-P/08, SECS-S/02, SECS-S/06.

L'insegnamento a scelta autonoma del curriculum può essere scelto fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, o anche fra altri corsi attivati nell'Ateneo senza vincoli sul settore scientifico-disciplinare.

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)  
CURRICULUM ASTROFISICO, GEOFISICO E SPAZIALE**

**Obiettivi formativi**

Il curriculum "Astrofisico, Geofisico e Spaziale" del corso di Laurea Magistrale in Fisica ha come obiettivi formativi:

- una solida padronanza del metodo scientifico di indagine ed un'approfondita preparazione nell'astronomia, astrofisica, geofisica, sia teorica che applicata, e fisica spaziale moderne, nei loro aspetti osservativi, sperimentali e teorici;
- un'avanzata conoscenza delle moderne strumentazioni di osservazione e di raccolta di dati e delle relative tecniche di analisi ed interpretazione;
- la capacità di utilizzare le conoscenze specifiche acquisite per la modellazione ed il monitoraggio di sistemi complessi nei campi delle scienze applicate allo studio della Terra e dello Spazio su scala planetaria, continentale, regionale e locale;
- la capacità di lavorare con ampia autonomia, anche assumendo responsabilità di progetti e di strutture.

Tra le attività che i laureati magistrali in Fisica, Curriculum "Astrofisico, Geofisico e Spaziale", potranno svolgere si indicano: la promozione e sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica nel campo astronomico, astrofisico, delle scienze della Terra e spaziale, nonché di progettazione e gestione delle relative tecnologie; la progettazione in ambiti correlati nei settori dell'industria, dell'ambiente e territorio, dei beni culturali, dell'ingegneria civile e della pubblica amministrazione; la divulgazione di alto livello, nonché organizzazione e gestione di progetti divulgativi e di diffusione della cultura scientifica; ricerca e sfruttamento delle risorse naturali, monitoraggio dei fenomeni naturali, anche presso Osservatori, informatica applicata alle scienze dell'Universo e della Terra.

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)  
CURRICULUM ASTROFISICO, GEOFISICO, E SPAZIALE**

**I ANNO**

	<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>Moduli</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Ambito</b>	<b>S.S.D.</b>	<b>Modalità di svolgimento</b>
1	Elettrodinamica Classica <i>(Insegnamento caratterizzante 1)</i>	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
2	Meccanica Quantistica 1 <i>(Insegnamento caratterizzante 2)</i>	8	1	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
3	Laboratorio di Fisica <i>(Insegnamento caratterizzante 3)</i>	8	1	Caratterizzante	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
4	<i>Insegnamento caratterizzante 4</i>	8	1	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05 FIS/06	
5	<i>Insegnamento caratterizzante 5</i>	8	1	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05 FIS/06	
6	<i>Insegnamento caratterizzante 6</i>	8	1	Caratterizzante	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05 FIS/06	
7	<i>Insegnamento caratterizzante 7</i>	8	1	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03 FIS/04	
<b>TOTALE CFU I ANNO</b>		<b>56</b>					
<b>Totale esami I anno</b>		<b>7</b>	<b>Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio</b>				



<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)</b>							
<b>CURRICULUM ASTROFISICO, GEOFISICO, E SPAZIALE</b>							
<b>II ANNO</b>							
	<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>Moduli</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Ambito</b>	<b>S.S.D.</b>	<b>Modalità di svolgimento</b>
1	<i>Insegnamento affine e integrativo 1</i>	8	1	Attività affini o integrative	Attività affini o integrative		
2	<i>Insegnamento affine e integrativo 2</i>	8	1	Attività affini o integrative	Attività affini o integrative		
3	<i>Insegnamento a scelta autonoma</i>	8	1	A scelta	A scelta		
4	Altre attività (art. 10, comma 5d)	2					
5	Prova finale	38					
<b>TOTALE CFU II ANNO</b>		<b>64</b>					
<b>Totale esami II anno</b>		<b>3</b>	<b>Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio</b>				

Può essere effettuato lo scambio di un insegnamento del primo anno (ad esclusione degli insegnamenti di Elettrodinamica Classica, Meccanica Quantistica 1, Laboratorio di Fisica) con un insegnamento del secondo anno. Il massimo numero consentito di scambi è due.

L'insegnamento a scelta autonoma può essere spostato al primo anno.

Le Altre Attività possono essere spostate al primo anno.

Gli insegnamenti caratterizzanti n. 4, 5, 6 del curriculum devono essere scelti fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, che ricadono nei settori scientifico-disciplinari (SSD): FIS/05, FIS/06.

L'insegnamento caratterizzante n. 7 del curriculum deve essere scelto fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, che ricadono nei settori scientifico-disciplinari (SSD): FIS/03, FIS/04.

Gli insegnamenti affini o integrativi n. 1 e 2 del curriculum devono essere scelti fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, o anche fra altri corsi attivati nell'Ateneo che siano caratterizzati da uno dei seguenti SSD: BIO/06, BIO/10, BIO/11, BIO/13, BIO/18, BIO/19, CHIM/02, CHIM/03, CHIM/06, FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/06, FIS/07, FIS/08, GEO/08, GEO/10, GEO/11, GEO/12, INF/01, ING-IND/31, ING-IND/35, 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, SECS-P/08, SECS-S/02, SECS-S/06.

L'insegnamento a scelta autonoma del curriculum può essere scelto fra i corsi elencati nella Tabella Insegnamenti (riportata nel successivo paragrafo B1.4), purché attivati, o anche fra altri corsi attivati nell'Ateneo senza vincoli sul settore scientifico-disciplinare.

**B1.4 Insegnamenti**

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

La tabella contiene un elenco esaustivo degli insegnamenti attivabili. 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.

<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA – (ALLEGATO B1)</b>							
<b>TUTTI I CURRICULA</b>							
<b>Elenco Insegnamenti</b>							
	<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>Moduli</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Ambito</b>	<b>S.S.D.</b>	<b>Modalità di svolgimento</b>
1	Acquisizione Dati e Sistemi di Controllo	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
2	Analisi Dati in Fisica Subnucleare	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
3	Analisi ed Elaborazione dei Segnali	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF + LAB
4	Architetture Integrate di Sistemi di Controllo	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
5	Argomenti Avanzati di Fisica Teorica	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
6	Astrofisica	8	1	b per AGS c per SA, MSM, TFF	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
7	Astrofisica delle Alte Energie	8	1	c	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
8	Astrofisica Nucleare	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
9	Biofisica	8	1	b per SA c per MSM, TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
10	Complementi di Astrofisica	8	1	c	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
11	Complementi di Elettronica	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
12	Complementi di Fisica delle Particelle Elementari	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
13	Cosmologia	8	1	c	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
14	Didattica della Fisica	8	1	c	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/08	LF
15	Dosimetria delle Radiazioni	8	1	c	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF + LAB
16	Elettrodinamica Classica	8	1	b	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF

17	Elettronica Digitale	8	1	b per SA c per MSM, TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
18	Evoluzione Stellare	8	1	c	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
19	Fisica Astroparticellare	8	1	b per SA c per MSM, TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
20	Fisica Astroparticellare Teorica	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
21	Fisica Atomica e Molecolare e Spettroscopia	8	1	b per MSM c per SA, TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
22	Fisica Computazionale	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
23	Fisica dei Nuclei Esotici	8	1	c	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
24	Fisica della Materia Molle	8	1	b per SA, MSM c per TFF, AGS	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
25	Fisica della Radiazione Cosmica	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
26	Fisica della Terra e dell'Atmosfera	8	1	b per AGS c per SA, MSM, TFF	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
27	Fisica delle Basse Temperature	8	1	b per MSM c per SA, TFF, AGS	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
28	Fisica delle Galassie	8	1	b per AGS c per SA, MSM, TFF	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
29	Fisica delle Particelle Elementari	8	1	b per SA c per MSM, TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
30	Fisica dello Stato Solido 1	8	1	b per SA, MSM c per TFF, AGS	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
31	Fisica dello Stato Solido 2	8	1	b per MSM c per SA, TFF, AGS	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
32	Fisica Medica	8	1	b per SA c per MSM, TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
33	Fisica Nucleare	8	1	b per SA, MSM c per TFF, AGS	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
34	Fisica Nucleare Applicata	8	1	c	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
35	Fisica Nucleare per i Beni Culturali ed Ambientali	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
36	Fisica per l'Astrofisica 1	8	1	b per AGS c per SA, MSM, TFF	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF

37	Fisica per l'Astrofisica 2	8	1	b per AGS c per SA, MSM, TFF	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
38	Fisica Sperimentale della Gravitazione	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
39	Fondamenti di Elettronica	8	1	b per SA c per MSM, TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
40	Fotonica	8	1	b per MSM c per SA, TFF, AGS	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
41	Geofisica Applicata	8	1	c	Astrofisico, geofisico e spaziale	GEO/11	LF
42	Griglie Computazionali per la Fisica	8	1	c	Informatica	INF/01	LF
43	Interazioni Fondamentali	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
44	Laboratorio di Elettronica Analogica	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
45	Laboratorio di Fisica	8	1	b	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
46	Laboratorio di Fisica Biomedica	8	1	b per SA c per MSM, TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF + LAB
47	Laboratorio di Fisica della Materia	8	1	b per SA, MSM c per TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
48	Laboratorio di Fisica delle Particelle	8	1	b per SA c per MSM, TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
49	Laboratorio di Fisica Nucleare	8	1	b per MSM c per SA, TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
50	Laboratorio di Sistemi Digitali	8	1	b per SA c per MSM, TFF, AGS	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
51	Meccanica del Continuo	8	1	b per AGS c per SA, MSM, TFF	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
52	Meccanica Quantistica 1	8	1	b	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
53	Meccanica Quantistica 2	8	1	b per MSM e TFF c per SA, AGS	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
54	Meccanica Statistica 1	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
55	Meccanica Statistica 2	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
56	Metodi di Quantizzazione	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF

57	Metodi Diretti e Inversi	8	1	b per AGS c per SA, MSM, TFF	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF
58	Metodi Geometrici della Fisica	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
59	Metodi Matematici Avanzati	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
60	Metodi Matematici per la Fisica Applicata	8	1	c	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
61	Metodologie Nucleari per la Fisica Sanitaria e il Controllo Ambientale	8	1	b per SA c per MSM, TFF, AGS	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
62	Metodologie per l'Analisi delle Immagini	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/07	LF
63	Microprocessori e Sistemi Embedded	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
64	Modellizzazione di Sistemi Complessi	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
65	Ottica Quantistica	8	1	b per MSM c per SA, TFF, AGS	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
66	Programmazione a Oggetti per la Fisica	8	1	c	Informatica	INF/01	LF + LAB
67	Reazioni Nucleari	8	1	b per MSM c per SA, TFF, AGS	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF
68	Relatività Generale e Gravitazione	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
69	Sensori, Rivelatori ed Elettronica Associata	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
70	Sismologia	8	1	b per AGS c per SA, MSM, TFF	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/06	LF + LAB
71	Sistemi Dinamici Integrabili e Caotici	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
72	Storia dell'Astronomia	8	1	c	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05	LF
73	Tecniche di Accelerazione e Trasporto di Fasci di Particelle	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
74	Tecniche di Acquisizione Dati	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF + LAB
75	Tecniche Sperimentali per la Fisica delle Particelle	8	1	c	Sperimentale applicativo	FIS/01	LF
76	Teoria Classica dei Campi	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
77	Teoria dei Molti Corpi in Fisica della Materia	8	1	b per MSM c per SA, TFF, AGS	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03	LF
78	Teoria della Struttura Nucleare	8	1	c	Microfisico e della struttura della materia	FIS/04	LF

79	Teoria delle Stringhe	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF
80	Teoria Quantistica dei Campi	8	1	b per TFF c per SA, MSM, AGS	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	LF

Siccome gli insegnamenti acquisiscono tipologie diverse in curricula diversi, nella colonna “Tipologia” sono presenti indicazioni specifiche per i curricula, rappresentati mediante i seguenti acronimi:

SA = Curriculum “Sperimentale Applicativo”

TFF = Curriculum “Teorico e dei Fondamenti della Fisica”

MSM = Curriculum “Microfisico e della Struttura della Materia”

AGS = Curriculum “Astrofisico, Geofisico, e Spaziale”

### **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**

<b>Insegnamento: ACQUISIZIONE DATI E SISTEMI DI CONTROLLO</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire adeguate competenze per la progettazione e la gestione di moderni apparati automatizzati di acquisizione dati e di apparati di controllo.	
<b>Programma sintetico</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inquadramento, utilizzo degli elaboratori in esperimenti di fisica.</li> <li>2. Sensori I: Principi di funzionamento, caratteristiche comuni a tutti i sensori e trasduttori.</li> <li>3. Sensori II: Esempi di sensori reali.</li> <li>4. Condizionamento dei segnali di misura: necessità, amplificatori operazionali: varie configurazioni, Filtri.</li> <li>5. Digitalizzazione delle informazioni: DAC, ADC, e loro caratteristiche principali, esempi di tecniche di conversione.</li> <li>6. Trasmissione delle informazioni: Generalità, varie topologie, trasmissione seriale, trasmissione parallela, sincrona/asincrona. Protocolli. Esempi di interfacciamento.</li> <li>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.</li> <li>8. Sistemi operativi e S.O. in real time</li> <li>9. Strumentazione modulare.</li> <li>10. Strumentazione virtuale. LabVIEW.</li> <li>11. Sistemi di controllo. Fondamenti. Esempi e applicazioni.</li> <li>12. Attività sperimentale in laboratorio su sistemi di acquisizione (2 CFU).</li> </ol>	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o esame scritto.	

<b>Insegnamento: ANALISI DATI IN FISICA SUBNUCLEARE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico :</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o prova pratica.	

<b>Insegnamento: ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS 07	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>            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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dimostrare di conoscere approfonditamente le sostanziali differenze tra le varie formulazioni delle trasformate, le varie tipologie di filtri e le loro principali applicazioni.</li> <li>- conoscere le modalità di conversione dei segnali dal dominio del tempo continuo a quello del tempo discreto e viceversa.</li> <li>- dimostrare competenza nell'esaminare i meccanismi fisici alla base di alcuni fenomeni e trasformare il problema fisico in una formulazione matematica</li> <li>- essere in grado di utilizzare tecniche per la progettazione di filtri idonei alla correzione e/o l'enfatizzazione del contenuto in frequenza dei segnali per la risoluzione di problemi reali, formulando ipotesi ed approssimazioni e verificando la correttezza.</li> </ul>	
<p><b>Programma sintetico:</b>            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.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> conoscenze di di analisi matematica - serie – numeri complessi.	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

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



<b>Insegnamento: ARGOMENTI AVANZATI DI FISICA TEORICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Un corso monografico di stimolo alla capacità di apprendere. Si considererà un argomento attuale di fisica teorica e lo si affronterà in maniera di sviluppare capacità di apprendimento e capacità applicative.	
<b>Programma sintetico:</b> Il programma verterà su un argomento attuale di Fisica Teorica scelto di volta in volta, introducendolo, costruendo gli strumenti teorici necessari e sviluppandolo in maniera dialettica con gli studenti.	
<b>Esami propedeutici:</b> Elettrodinamica Classica, Meccanica Quantistica 1.	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento: ASTROFISICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/05	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire conoscenze di base di Astrofisica e delle metodologie ad essa collegate.	
<b>Programma sintetico:</b> <i>Richiami di meccanica:</i> problema a due corpi, teorema del viriale. <i>Richiami di termodinamica</i> <i>Richiami di elettromagnetismo e relatività ristretta</i> <i>Planetologia:</i> proprietà generali, interni planetari, atmosfere planetarie, teorie di formazione, fenomenologia del sistema solare. <i>Le stelle:</i> Osservabili stellari, Fenomenologia stellare, Equazioni di struttura, Modelli omologhi, Evoluzione di stelle di piccola massa, Evoluzione di stelle massicce <i>Il mezzo interstellare:</i> Idrogeno neutro, nubi molecolari, polvere, campi magnetici galattici <i>La Galassia ed il gruppo locale:</i> Le componenti della Galassia, Cinematica della Galassia, Il centro della Galassia, Il Gruppo Locale <i>I raggi cosmici</i> <i>Gli strumenti dell'astronomia moderna:</i> Telescopi, Strumenti di piano focale, Radiotelescopi, Strumenti dallo spazio	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

<b>Insegnamento: ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/05	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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..	
<b>Programma sintetico:</b> <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.	
<b>Esami propedeutici:</b> Astrofisica.	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

<b>Insegnamento: ASTROFISICA NUCLEARE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.	

<b>Insegnamento: BIOFISICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/07	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> Struttura e funzione delle macromolecole biologiche. Procarioti ed eucarioti: struttura e processi di base. Organizzazione e tessuto-specificità delle cellule superiori. Metodologie per la preparazione, caratterizzazione ed analisi di macromolecole e cellule. Tipi, caratteristiche e sorgenti di radiazioni. Parametri radiobiofisici caratterizzanti la deposizione d'energia. Curve dose-effetto. Elementi di chimica delle radiazioni. Effetti delle radiazioni su molecole e strutture biologiche (acidi nucleici, polipeptidi e biomembrane), virus, cellule procarioti ed eucarioti. Effetti citologici e mutazionali. Effetti su tessuti cellulari ed organismi. Carcinogenesi radioindotta. Modificazione degli effetti radioindotti. Modelli biofisici dell'azione della radiazione. Radiobiofisica in radioterapia, radioprotezione e radioecologia.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.	

<b>Insegnamento: COMPLEMENTI DI ASTROFISICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/05	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire conoscenze approfondite che siano di complemento alle più ordinarie conoscenze di astrofisica già impartite nei corsi fondamentali.	

<p><b>Programma sintetico:</b>                  Richiami di Relatività Generale.  <i>Lensing</i> gravitazionale: inquadramento teorico, regimi forte e debole, fenomeni osservati e loro interpretazione.                  Oggetti astrofisici compatti e stati finali di evoluzione stellare: metriche di Schwarzschild e di Kerr, collasso gravitazionale, stelle di neutroni e pulsar, buchi neri.                  Astronomia non ottica: indagini nell'infrarosso, in X, in radio e in microonde (radiazione di fondo a microonde).</p>
<p><b>Esami propedeutici:</b> Astrofisica, Cosmologia</p>
<p><b>Prerequisiti:</b></p>
<p><b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.</p>

<b>Insegnamento: COMPLEMENTI DI ELETTRONICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>                  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.</p>	
<p><b>Programma sintetico):</b>                  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.</p>	
<p><b>Esami propedeutici:</b></p>	
<p><b>Prerequisiti:</b></p>	
<p><b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.</p>	

<b>Insegnamento: COMPLEMENTI DI FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>                  Fornire competenze avanzate su specifici aspetti della fenomenologia delle interazioni fondamentali. In particolare lo studente dovrà</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• conoscere il modello standard (MS) delle interazioni fondamentali nei suoi aspetti di base</li> <li>• essere familiare con le conseguenze più rilevanti del MS sulla fenomenologia delle interazioni tra particelle ad alta energia</li> <li>• conoscere le principali verifiche sperimentali del MS</li> <li>• capire i concetti alla base di modelli e teorie più semplici di fisica oltre il MS</li> <li>• capire gli aspetti più rilevanti delle principali ricerche sperimentali di evidenze di fisica oltre il MS.</li> </ul>	

<p><b>Programma sintetico:</b>  <b>Modello standard.</b> 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.  <b>Evidenze sperimentali del MS.</b> 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 <math>Z^0</math> 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 <math>a_s</math> con l'energia; processi "duri" in protone-protone e protone-antiprotone.  <b>Fisica oltre lo SM.</b> Grande unificazione (cenni), monopoli, decadimento del protone. Oscillazioni di neutrini. Supersimmetria (cenni). Ricerca particelle supersimmetriche.</p>
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b>
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o prova scritta.

<b>Insegnamento: COSMOLOGIA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/05	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico :</b> Elementi di Relatività Generale. Principio cosmologico. Legge di Hubble. <i>Redshift</i> . Parametro di decelerazione. Modello standard: equazioni di Friedmann, universi chiusi e aperti. Candele 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 $\Lambda$ : universo statico. $\Lambda$ 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento: DIDATTICA DELLA FISICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/08	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Si rivolge a chi aspira ad insegnare. Offre l'analisi di aspetti centrali della Ricerca in Didattica della Fisica (RDF), specie sui problemi di apprendimento-insegnamento più studiati circa la fisica di base. Lo scopo è la trasformazione di conoscenza disciplinare in conoscenza pedagogica del contenuto, appropriata per l'insegnamento. È richiesta Capacità di Comprensione dei contenuti affrontati e di Orientamento Autonomo tra i risultati RDF, Abilità nella Pianificazione e Comunicazione Didattica.	

<b>Programma sintetico:</b> In Fisica Generale e Moderna si scelgono nodi concettuali cruciali per la costruzione della conoscenza disciplinare e difficoltà di apprendimento emerse fra gli allievi del corso. Si discutono i relativi principali studi RDF e le proposte d'innovazione che ne derivano. Tipicamente essi riguardano sia conflitti di fra conoscenza di senso comune e disciplinare che metodi, strumenti per farli emergere ed affrontarli. Le aree di conoscenza affrontate tipicamente sono: - Moto e Forze; - Forza ed Energia; Calore e Temperatura; Entropia; - Tensione e Corrente; - Induzione elettromagnetica; - Oscillazioni ed Onde Elastiche; - Onde Elettromagnetiche; - Luce e Visione, Relatività Ristretta. Si allenano gli allievi a pianificare e realizzare, su specifici sottotemi delle aree su indicate. attività basate su combinazione di presentazioni e laboratorio per classi di scuola secondaria superiore.
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b> buona conoscenza degli argomenti di Fisica e Matematica della LT.
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Consegne, questionari e compiti durante il corso, esame orale.

<b>Insegnamento: DOSIMETRIA DELLE RADIAZIONI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/04	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> <i>Dosimetria delle radiazioni ionizzanti</i> <b>Principi di dosimetria, quantità e unità:</b> 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. <b>Microdosimetria:</b> Caratteristiche e applicazioni. Grandezze fisiche di riferimento convenzionali. Grandezze stocastiche e loro distribuzione. Implicazioni biofisiche della microdosimetria. Applicazione ai modelli biologici. Microdosimetria e BNCT. <b>Dosimetri per radiazioni ionizzanti:</b> 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> <b>Quantità dosimetriche:</b> Induzione magnetica. Il SAR. L'assorbimento specifico di energia. <b>Dosimetri per radiazioni non ionizzanti.</b>	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o esame scritto.	

<b>Insegnamento: ELETTR DINAMICA CLASSICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/04	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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 del testo "Elettrodinamica classica" di 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.	
<b>Programma sintetico:</b> 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, trasformazioni di gauge, tensore degli sforzi, teorema di Poynting, proprietà di simmetria dei campi elettrici e magnetici.
4) Onde elettromagnetiche nel vuoto e nei mezzi: equazione d'onda, caso uni e tridimensionale, polarizzazione lineare e circolare, trasformata di Fourier e funzioni di Green, propagazione in mezzi dispersivi, limite alte e basse frequenze, velocità di gruppo, causalità e formule di Kramers-Kronig, cenni a guide d'onda e cavità risonanti.
5) Relatività ristretta: principio di relatività, trasformazioni di Lorentz, quadrivettori, covarianza dell'elettrodinamica, dinamica relativistica, principio di minima azione relativistico, moto di particelle in campi elettrici e magnetici.
6) 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.
7) 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.
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenze basilari di fisica classica quali tipicamente acquisite in una laurea di primo livello (triennale) in fisica.
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o esame scritto.

<b>Insegnamento: ELETTRONICA DIGITALE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico (sillabo):</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o scritto.	

<b>Insegnamento: EVOLUZIONE STELLARE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/05	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire conoscenze approfondite sugli aspetti teorici e sperimentali dell'evoluzione stellare.	
<b>Programma sintetico:</b> Struttura Stellare, Equazioni di Stato, Trasporto radiativo e convettivo, Opacità della materia stellare, Produzione di energia, Soluzioni numeriche della struttura stellare, Serie lineari di Modelli, Modelli politropici, Fase di presequenza, Fase di sequenza principale, Modelli omologhi, Evoluzione post sequenza, Stelle variabili, Stadi Finali.	
<b>Esami propedeutici:</b> Astrofisica.	
<b>Prerequisiti:</b>	

<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.
----------------------------------------------------------------------

<b>Insegnamento: FISICA ASTROPARTICELLARE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico (sillabo):</b> 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. (I) 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. (II) 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o prova scritta.	

<b>Insegnamento: FISICA ASTROPARTICELLARE TEORICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi :</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> Cenni di Relatività Generale. Cosmologia Standard. Termodinamica dell'universo in espansione. Abbondanze fossili. Fenomeni di non Equilibrio: bariogenesi (Teorema di Sakarov 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.	
<b>Esami propedeutici:</b> Elettrodinamica classica, Meccanica Quantistica 1.	
<b>Prerequisiti:</b> Elementi di Fisica delle particelle elementari (Modello Standard Elettrodebole).	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento FISICA ATOMICA E MOLECOLARE E SPETTROSCOPIA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Acquisizione di conoscenza e capacità applicative sulla fisica di gas di atomi e di molecole isolati e interagenti e della spettroscopia elettromagnetica di tali sistemi fisici.	

<b>Programma sintetico (sillabo)</b>
1) Meccanismi di assorbimento ed emissione di radiazione luminosa (richiami); 2) Righe spettrali: proprietà caratteristiche e fenomeni correlati; 3) Spettroscopia atomica e molecolare – strumentazione di base ed avanzata; 4) Tecniche di spettroscopia laser lineare e non-lineare: 4.1 Laser induced breakdown spectroscopy e Laser Induced Plasma Spectroscopy; 4.2 Laser Induced Fluorescence spectroscopy; 4.3 Sorgenti laser ultracorte e tecniche spettroscopiche risolte in tempo; 4.4 Spettroscopia multifotonica (cenni); 4.5 Spettroscopia Raman; 4.6 Processi e meccanismi di raffreddamento ed intrappolamento di atomi e molecole (cenni); 5) Applicazioni di spettroscopia atomica e molecolare: 5.1 Tecniche spettroscopiche per lo studio e il monitoraggio dell'ambiente; 5.2 Tecniche spettroscopiche per l'analisi dei materiali; 5.3 Tecniche spettroscopiche in biologia.
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenza della fisica classica e quantistica, di elementi di fisica della materia e di tecniche basilari di laboratorio quali tipicamente trattate nei corsi obbligatori della laurea di I livello in fisica.
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o scritto.

<b>Insegnamento: FISICA COMPUTAZIONALE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro:</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire elementi per risolvere i problemi di fisica complessi con metodi e simulazioni numeriche per mostrare come anche l'utilizzo di algoritmi di calcolo possano approfondire la conoscenza e l'analisi dei fenomeni fisici. Lo studente dovrà mostrare attraverso l'illustrazione pratica della soluzione autonomamente ottenuta di un problema di fisica la conoscenza e comprensione dei metodi e la capacità di applicazione dei metodi.	
<b>Programma sintetico:</b> Il corso si concentra su alcuni tra i metodi della fisica computazionale, sviluppando un certo numero di applicazioni fisiche rilevanti in ambiti diversi. In particolare: Approssimazioni di funzioni. Metodi di calcolo degli zeri di una funzione. Metodi numerici per la differenziazione e integrazione. Metodi per l'inversione e diagonalizzazione di matrici. Soluzioni numeriche di equazioni differenziali ordinarie e equazioni differenziali alle derivate parziali. Metodo Montecarlo: schema generale e applicazioni.	
<b>Propedeuticità:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

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



<b>Insegnamento: FISICA DELLA MATERIA MOLLE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/03	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Acquisizione di conoscenze e capacità applicative nella fisica e le applicazioni tecnologiche della “soft-matter”: liquidi, polimeri, cristalli liquidi, colloidali, gel, schiume, materia biologica.	
<b>Programma sintetico:</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenza della fisica generale e di elementi di fisica statistica al livello della laurea triennale.	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o esame scritto.	

<b>Insegnamento: FISICA DELLA RADIAZIONE COSMICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire conoscenze sulla fisica dei raggi cosmici primari, fotoni e neutrini di alta energia e sulle metodologie di misura.	
<b>Programma sintetico:</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o prova scritta.	

<b>Insegnamento: FISICA DELLA TERRA E DELL'ATMOSFERA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS06	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro</b>
<b>Obiettivi Formativi:</b> 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	
<b>Contenuti:</b> 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.	
<b>Propedeuticità:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Colloquio e/o prova scritta.	

<b>Insegnamento: FISICA DELLE BASSE TEMPERATURE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/03	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>

<b>Obiettivi formativi:</b> 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.
<b>Programma sintetico:</b> 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. Conduttività 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.
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenza della termodinamica, meccanica statistica e meccanica quantistica, anche di più particelle, almeno al livello della laurea triennale, preferibilmente a livello più avanzato.
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o esame scritto.

<b>Insegnamento: FISICA DELLE GALASSIE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/05	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire conoscenze approfondite negli aspetti teorici ed osservativi della Fisica delle Galassie e dei sistemi stellari.	
<b>Programma sintetico:</b> 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, epicycli 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

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

<p><b>Obiettivi formativi:</b> 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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• conoscere le caratteristiche delle interazioni elettromagnetica, forte e debole;</li> <li>• essere familiare con le conseguenze dello scambio di bosoni nella mediazione delle forze;</li> <li>• essere capace di usare i grafici di Feynman per descrivere le interazioni;</li> <li>• capire i processi di diffusione e il ruolo dei fattori di forma;</li> <li>• conoscere i numeri quantici delle particelle dei multipletti più bassi;</li> <li>• riconoscere processi proibiti e permessi per ciascuna interazione;</li> <li>• essere capace di impostare il calcolo ed eventualmente calcolare (in approssimazione di Born) sezioni d'urto e costanti di decadimento di semplici processi.</li> </ul>
<p><b>Programma sintetico:</b> 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.</p>
<p><b>Esami propedeutici:</b></p>
<p><b>Prerequisiti:</b></p>
<p><b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o prova scritta.</p>

### Insegnamento: FISICA DELLO STATO SOLIDO 1

<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/03		<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>	
<p><b>Obiettivi formativi:</b> 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.</p>		
<p><b>Programma sintetico:</b> 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.</p>		
<b>Esami propedeutici:</b>		
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenza della meccanica quantistica almeno al livello della laurea triennale.		
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o esame scritto.		

### Insegnamento: FISICA DELLO STATO SOLIDO 2

<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/03		<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>	

<b>Obiettivi:</b> 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.
<b>Programma sintetico (sillabo):</b> Equazioni di Boltzmann per elettroni in un cristallo. Conduttività 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.
<b>Esami propedeutici:</b> Fisica dello stato solido 1.
<b>Prerequisiti:</b>
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o esame scritto.

<b>Insegnamento: FISICA MEDICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/07	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Acquisire conoscenze e capacità di comprensione delle principali applicazioni della Fisica alla medicina ed alla biologia, con riferimento ad elementi di: biomeccanica, ultrasonografia e relativa strumentazione; fluidodinamica del sistema circolatorio e del sistema respiratorio; termodinamica, elettricità, ed ottica nei sistemi biologici; fisica radiologica e relativa strumentazione; strumentazione di diagnostica medico-nucleare; strumentazione ottica per la diagnostica medica. 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.	
<b>Programma sintetico:</b> Biomeccanica. Trasporto in regime viscoso. Meccanica dei fluidi nei sistemi biologici: circolazione sanguigna, respirazione. Superfici, interfacce, membrane e loro proprietà: capillarità, legge di Laplace. Diffusione e osmosi. Termodinamica dei sistemi biologici. Fenomeni elettrici nei sistemi biologici: potenziali di membrana e meccanismi di trasporto passivi ed attivi, propagazione del potenziale d'azione. Onde elastiche in biomedicina: ultrasonografia. Ottica in biomedicina: l'occhio, la visione, strumentazione ottica diagnostica. Radiazioni ionizzanti e fisica radiologica. Strumentazione per radiologia diagnostica e medicina nucleare.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.	

<b>Insegnamento: FISICA NUCLEARE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/04	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	

<p><b>Programma sintetico:</b>  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.</p>
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b>
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.

<b>Insegnamento: FISICA NUCLEARE APPLICATA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/04	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  Fornire conoscenze sulle diverse applicazioni della fisica nucleare nei settori della energetica, della medicina, dell'ambiente, dei beni culturali e dei materiali.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>  Radioattività ambientale. Dosimetria e Radioprotezione.  Fusione. Fissione. Reattori a fissione e a fusione. Trattamento delle scorie radioattive.  Datazione con il metodo del decadimento radioattivo e con spettrometria di massa con acceleratore.  Analisi di materiali con le seguenti metodologie : Rutherford backscattering (spettro energetico delle particelle retrodiffuse) , Particle Induced X ray Emission (PIXE)( Emissione di raggi X caratteristici dei materiali, indotta da particelle cariche accelerate, Reazioni nucleari e XRF ( Emissione di raggi X caratteristici indotta da X ). Applicazioni all' Inquinamento ambientale, Beni culturali, Nuovi materiali et al. Risonanza magnetica nucleare. Adroterapia.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o esame scritto (+ prova pratica per il Lab.). Esame orale.	

<b>Insegnamento: FISICA NUCLEARE PER I BENI CULTURALI E AMBIENTALI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  Il corso intende fornire allo studente capacità di applicare conoscenza e comprensione delle più importanti metodologie fisiche nel campo dei Beni Culturali. In particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fornire una conoscenza di base delle problematiche archeometriche;</li> <li>• sviluppare la capacità di valutare gli ambiti di applicabilità ed i limiti delle metodologie fisiche atte ad affrontarle;</li> <li>• fornire competenze di base per lavorare in laboratorio;</li> <li>• favorire lo sviluppo delle capacità di lavorare in ambiti disciplinari diversi.</li> </ul>	
<p><b>Programma sintetico:</b>  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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Principi generali e leggi del decadimento radioattivo.</li> <li>• Datazioni geologiche basate sulle tracce di fissione.</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodo del 14C.</li> <li>• Dendrocronologia.</li> <li>• Metodo della termoluminescenza (Datazione terrecotte e ceramiche).</li> <li>• Metodo dell'archeomagnetismo (Datazione terrecotte e ceramiche).</li> </ul> <p>Analisi di laboratorio implicanti un prelievo (Microanalisi invasive):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• XRD (X-Ray Diffraction).</li> </ul> <p>Analisi non invasive (Microanalisi):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• XRF (X-Ray Fluorescence).</li> <li>• PIXE (Particle Induced X Emission).</li> <li>• IBA (Ion Beam Analysis)</li> <li>• RBS (Rutherford Back Scattering)</li> <li>• Raman</li> </ul> <p>Analisi ottiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotografia, macrofotografia, fotografia in luce radente.</li> <li>• Radiografia e tomografia.</li> <li>• Fluorescenza ultravioletta.</li> <li>• Riflettografia IR.</li> <li>• Microscopio elettronico.</li> </ul> <p>Strumentazione di laboratorio e portatile.</p>
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b> 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.
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.

<b>Insegnamento: FISICA PER L'ASTROFISICA 1</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/04	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire un'introduzione equilibrata ai più importanti concetti e fenomeni legati alla fisica dei plasmi in campo astrofisico.	
<b>Programma sintetico:</b> Il corso tratta i processi di interazione radiazione-materia in mezzi dispersivi, proponendo i plasmi come particolare esempio di mezzo. - Le equazioni di Maxwell in mezzi dispersivi. - Processi di emissione e assorbimento della radiazione. - Dinamica di singola particella in campi elettromagnetici. - Fisica del plasma: teoria cinetica, equazioni fluide. - Relazione di dispersione e modi. Propagazione di onde. - Plasmi in campo magnetico. - Processi di emissione e assorbimento della radiazione nei plasmi: Cerenkov, Bremsstrahlung, Scattering, Gyrotron, Synchrotron.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.	

<b>Insegnamento: FISICA PER L'ASTROFISICA 2</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/05	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire un'introduzione equilibrata ai più importanti concetti e fenomeni legati alla fisica dei plasmi in campo astrofisico.	

<b>Programma sintetico:</b> Le risposte del mezzo vengono esplicitamente calcolate per il caso dei plasmi e vengono discussi i processi radiativi nei plasmi, di particolare importanza per le applicazioni astrofisiche. - L'equazione del trasporto per la radiazione - Il trasporto radiativo e l'opacità - Equazione di Kompaneets (effetto Sunyaev-Zel'dovich) - Raggi cosmici: interazione beam-plasma - Magnetoidrodinamica: onde di Alfvén, instabilità e onde d'urto - Bow-shock terrestre, vento solare, accelerazione di Fermi - Elementi di fluidodinamica
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b>
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.

<b>Insegnamento: FISICA SPERIMENTALE DELLA GRAVITAZIONE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> Basi sperimentali della Gravitazione. Onde gravitazionali e loro effetto sulla materia. Rivelatori per onde gravitazionali. Rumore negli strumenti di misura Tecniche di misura.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.	

<b>Insegnamento: FONDAMENTI DI ELETTRONICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico (sillabo):</b> 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, applicazione 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	

<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o scritto.
------------------------------------------------------------------------

<b>Insegnamento: FOTONICA</b>	
-------------------------------	--

<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/03	<b>CFU:</b> 8
---------------------------------------------------	---------------

<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
--------------------------------------	-----------------------------

**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. Modulatore 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.

<b>Insegnamento: GEOFISICA APPLICATA</b>	
------------------------------------------	--

<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> GEO/11	<b>CFU:</b> 8
---------------------------------------------------	---------------

<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro:</b>
--------------------------------------	---------------

**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.

<b>Insegnamento: GRIGLIE COMPUTAZIONALI PER LA FISICA</b>	
-----------------------------------------------------------	--

<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> INF/01	<b>CFU:</b> 8
---------------------------------------------------	---------------

<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
--------------------------------------	-----------------------------



<p><b>Obiettivi formativi:</b>          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.</p>
<p><b>Programma sintetico:</b>          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 (<a href="http://people.na.infn.it/~merola/Lezione_n_3.pdf">http://people.na.infn.it/~merola/Lezione_n_3.pdf</a>). 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.</p>
<p><b>Esami propedeutici:</b></p>
<p><b>Prerequisiti:</b></p>
<p><b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o prova scritta.</p>

<b>Insegnamento: INTERAZIONI FONDAMENTALI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>          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.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>          Modello Standard delle interazioni fondamentali. Teoria Elettrodebole. QCD. Deep inelastic scattering e altri strumenti di investigazione della materia fondamentale. Unificazione di Gauge con SU(5) e S0(10). Cenni alle teorie supersimmetriche. Teoria di Cabibbo delle interazioni deboli semi-leptoniche. Unificazione di Gauge con SU(5) e S0(10). Ottonioni e algebre eccezionali. Autostati di interazione e di massa: il modello di Cabibbo e la matrice di Cabibbo Kobayashi-Maskawa. La violazione di CP.</p>	
<p><b>Esami propedeutici:</b> Elettrodinamica classica, Meccanica Quantistica 1.</p>	
<p><b>Prerequisiti:</b></p>	
<p><b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.</p>	

<b>Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>          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.</p>	

<b>Programma sintetico (sillabo):</b>
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, esempi di distribuzioni di probabilità. Inferenza statistica da campioni normali. Stima dei parametri : metodo di massima verosimiglianza e metodo dei minimi quadrati. Procedure di minimizzazione. Test d'ipotesi, parametrici e non parametrici. Introduzione alle tecniche Montecarlo. Esercizi su dati campione, con impiego di pacchetti software di uso diffuso.
2) Apprendimento delle principali tecniche di acquisizione dati, con cenni sulle soluzioni hardware usate nei vari campi, e cenni operativi sui pacchetti software più diffusi nel settore.
3) Svolgimento in laboratorio di una attività sperimentale mirata essenzialmente alla comprensione della problematica fisica, 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.
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b>
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale con discussione dell'elaborato.

<b>Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA BIOMEDICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/07	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b>	
Laboratorio di biofisica - Il corso intende fornire allo studente la pratica di laboratorio di Biofisica 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 un esperimento rilevante nel settore.	
Laboratorio di fisica medica - Fornire conoscenze e capacità operative su: rivelatori digitali per applicazioni radiografiche e autoradiografiche, tecniche tomografiche computerizzate con tubi radiogeni e in medicina nucleare.	
<b>Programma sintetico:</b>	
Laboratorio di biofisica - Biofisica molecolare e cellulare: strumentazione di base, tecniche di biofisica cellulare e molecolare; biofisica delle radiazioni: modelli radiobiologici, curve dose-effetto, sopravvivenza cellulare <i>in vitro</i> , 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 radioindotte.	
Laboratorio di fisica medica - Acquisizione di immagini test in laboratorio con rivelatori a semiconduttore commerciali e non: caratterizzazione del rivelatore e delle sue capacità di imaging. Acquisizioni di immagini test con sistema SPECT per ricerca pre-clinica su piccoli animali: principi di funzionamento; analisi del sistema di collimazione (parallel hole, pin-hole); ricostruzione di un'immagine test; misura della risoluzione spaziale del sistema. Acquisizioni immagini con sistema CT per ricerca pre-clinica su piccoli animali: misura di MTF, misura di HVL, ricostruzione CT delle immagini acquisite.	
<b>Esami propedeutici:</b> Biofisica e Fisica medica.	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale e/o prova di laboratorio.	

<b>Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b>	
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.	

<p><b>Programma sintetico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rivelatori di radiazione elettromagnetica per le regioni UV-VIS-IR (celle fotovoltaiche, fotodiodi, fotomoltiplicatori, CCD, termopile, bolometri: detectivity, NEP, linearità, calibrazione).</li> <li>- Sorgenti di radiazione (laser, lampade spettrali, luce di sincrotrone).</li> <li>- Problemi di sicurezza con sorgenti laser.</li> <li>- Rumore nelle misure elettriche: richiamo sulle sorgenti di rumore, spettro di rumore, densità spettrale.</li> <li>- Sistemi di estrazione del segnale dal rumore: filtri, aggancio in fase, media temporale. Applicazioni a misure in continua ed a segnali pulsati.</li> <li>- Misure di piccole correnti.</li> <li>- Tecniche spettroscopiche (fluorescenza, assorbimento, F-TIR, scattering elastico ed anelastico). Applicazione allo studio della materia gassosa, soffice e solida.</li> <li>- Strumentazione per spettroscopia ottica (reticoli, interferometri, spettrofotometri, monocromatori).</li> <li>- Tecniche per la produzione e la misura del vuoto. Flusso di gas. Fasci atomici e molecolari.</li> <li>- Spettrometria di massa.</li> <li>- Tecniche di misura di parametri ottici e proprietà di trasporto (misure di riflettanza, fotoconduzione).</li> <li>- Diffrazione di raggi X.</li> <li>- Microscopie ottiche ed elettroniche (AFM, SNOM, SEM, STM).</li> </ul> <p>Le lezioni in aula sugli argomenti citati sopra vengono completate da una esperienza svolta in un laboratorio di ricerca.</p>
<p><b>Esami propedeutici:</b></p>
<p><b>Prerequisiti:</b> Conoscenza della fisica generale e capacità applicative nella pratica di laboratorio quali tipicamente acquisite con la laurea in fisica di primo livello (laurea triennale).</p>
<p><b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale + prova pratica.</p>

<p><b>Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA DELLE PARTICELLE</b></p>	
<p><b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01</p>	<p><b>CFU:</b> 8</p>
<p><b>Tipologia attività formativa:</b></p>	<p><b>Altro (specificare):</b></p>
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p>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.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Approfondimento delle conoscenze su tecniche di rivelazione e misura in Fisica delle Particelle Elementari.</li> <li>2) Cenni sulle tecniche di accelerazione di particelle di alta energia e sui grandi apparati sperimentali ad esse associati.</li> <li>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.</li> <li>4) Stesura di una relazione finale scritta che sarà discussa in sede di esame.</li> </ol>	
<p><b>Esami propedeutici:</b></p>	
<p><b>Prerequisiti:</b></p>	
<p><b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale con discussione dell'elaborato.</p>	

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

<p><b>Obiettivi formativi:</b>                  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.</p>
<p><b>Programma sintetico:</b>                  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.</p>
<p><b>Esami propedeutici:</b></p>
<p><b>Prerequisiti:</b></p>
<p><b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Colloquio e prova pratica.</p>

<b>Insegnamento: LABORATORIO DI SISTEMI DIGITALI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplina:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>                  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 e' 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.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>                  Richiami di elettronica digitale</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- condizioni di hazard nella logica combinatoria</li> <li>- architetture di latch e flip-flop master slave: condizioni di hazard e soluzioni circuitali</li> <li>- analisi di circuiti sequenziali e studio del timing</li> <li>- automi a stati finiti, codifica One-Hot, gestione degli stati illegali</li> <li>- distribuzione del clock ed analisi degli effetti dello skew</li> <li>- analisi statica e stima delle prestazioni in frequenza</li> <li>- tecniche di progetto e di interfacciamento tra dispositivi</li> </ul> <p>Architettura delle FPGA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- struttura della logica di core e di Input/output</li> <li>- RAM, Moltiplicatori, Digital Clock Manager</li> <li>- albero di clock e tecniche di distribuzione ed ottimizzazione</li> <li>- flusso di progetto: translate, mapping, place &amp; route, programming</li> <li>- studio delle caratteristiche elettriche e di commutazione</li> </ul> <p>Il linguaggio VHDL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- introduzione ai linguaggi di descrizione hardware</li> <li>- struttura e sintassi del linguaggio VHDL</li> <li>- applicazione alla sintesi e simulazione di circuiti basati su FPGA</li> </ul> <p>Esercitazioni di laboratorio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- studio di una scheda basata su FPGA per le esercitazioni di laboratorio</li> <li>- esempi di sintesi e simulazione di circuiti descritti in VHDL</li> <li>- progettazione e collaudo di automi a stati finiti, implementazione su FPGA</li> <li>- esempi di analisi statica</li> <li>- sviluppo autonomo di un progetto concordato con il docente</li> </ul>	

- verifica e collaudo in laboratorio del progetto
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b> 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.
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale + sviluppo e discussione di un progetto di laboratorio.

<b>Insegnamento: LABORATORIO DI ELETTRONICA ANALOGICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico (sillabo):</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale con discussione dell'elaborato.	

<b>Insegnamento: MECCANICA DEL CONTINUO</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/03	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro:</b>
<b>Obiettivi Formativi:</b> 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 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.	
<b>Contenuti:</b> 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 semifinito (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 Nuesselt e Prandtl. Applicazioni.	
<b>Propedeuticità:</b>	

<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Colloquio e/o prova scritta.	
<b>Insegnamento: MECCANICA QUANTISTICA 1</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>          Conoscenza dei principali strumenti concettuali della meccanica quantistica del singolo sistema quantistico, con un livello di approfondimento e formalizzazione paragonabile, ad esempio, a quello dei testi “Meccanica quantistica moderna” di Sakurai o “Quantum Mechanics” di Merzbacher o di Gottfried, e acquisizione delle corrispondenti capacità applicative in fisica atomica, dei solidi, nucleare e delle particelle. Include, in particolare: principi della meccanica quantistica, dinamica quantistica, rotazioni ed altre operazioni di simmetria, misura, stati misti e statistiche quantistiche, teoria delle perturbazioni e applicazioni, diffusione elastica da potenziale, equazioni d’onda relativistiche.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>          1) Principi: misure, osservabili e relazioni di indeterminazione, ampiezze di probabilità e loro composizione, ket, bra e operatori, cambiamento di base.          2) Dinamica quantistica: evoluzione temporale, rappresentazione di Heisenberg, di Schrodinger e di interazione, simmetrie e leggi di conservazione, propagatore, introduzione alla formulazione alla Feynman.          3) Rotazioni e altre operazioni di simmetria: cenni sui gruppi, i gruppi SO(3) e SU(2), momento angolare come generatore delle rotazioni, sistemi a spin <math>\frac{1}{2}</math>, composizione di momenti angolari e coefficienti di Clebsch-Gordan, isospin, operatori tensoriali, teorema di Wigner-Eckart, applicazioni ed esempi da fisica atomica e nucleare (multipoli, momento magnetico e fattore di Landè...), simmetrie discrete P e T, cenni alle trasformazioni di gauge.          4) Misura, stati misti e statistiche quantistiche: processo di misura, stati puri e misti, entanglement, disuguaglianze di Bell, matrice densità, statistiche di Boltzmann, Bose-Einstein e Fermi-Dirac, applicazioni nei calori specifici, e nella condensazione di Bose-Einstein (cenni).          5) Teoria delle perturbazioni e applicazioni: perturbazioni indipendenti dal tempo, correzioni relativistiche allo spettro dell’atomo di idrogeno, effetto Stark, effetto Zeeman, perturbazioni dipendenti dal tempo, regola d’oro di Fermi, interazione radiazione materia in approssimazione semiclassica, potenziale periodico.          6) Diffusione elastica da potenziale: sezione d’urto, scattering di un pacchetto d’onde, approssimazione di Born, onde parziali e phase shifts, diffusione su buca quadrata e sfera impenetrabile, lunghezza di scattering, teorema ottico, risonanze.          7) Equazioni d’onda relativistiche: equazione di Klein-Gordon, equazione di Dirac, spinori, invarianza relativistica dell’eq. di Dirac e matrici gamma, moto di particella libera, soluzioni a energia negativa, limite non relativistico, eq. di Pauli, atomo d’idrogeno.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenze basilari di fisica classica e quantistica quali tipicamente acquisite in una laurea di primo livello (triennale) in fisica.	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o scritto.	

<b>Insegnamento: MECCANICA QUANTISTICA 2</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/03	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>          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” 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.</p>	

<p><b>Programma sintetico:</b></p> <p>1) Particelle identiche e seconda quantizzazione: indistinguibilità, determinanti di Slater, simmetria rispetto alle permutazioni, operatori di creazione e distruzione bosonici e fermionici, spazio di Fock, operatori campo.</p> <p>2) Sistemi di particelle interagenti: metodo variazionale, atomo di elio, il metodo Hartree-Fock e gli spettri atomici, metodo di Thomas-Fermi e cenni al metodo del funzionale densità, approssimazione di Born-Oppenheimer, legame covalente.</p> <p>3) 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</p> <p>4) 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.</p> <p>5) Teoria dello scattering: elemento di matrice di transizione, funzione di Green, matrice S, poli della matrice S, invarianti cinematici, ampiezze invarianti, esempi e applicazioni.</p> <p>6) Diagrammi di Feynman: prodotto cronologico, teorema di Wick, regole di Feynman nello spazio delle configurazioni e nello spazio degli impulsi, cenni alla quantizzazione covariante del campo e.m e propagatore fotonico.</p> <p>7) Introduzione alla elettrodinamica quantistica: impossibilità dei processi al primo ordine nel vuoto, processi all'ordine più basso: calcolo di sezioni d'urto, scattering Compton e Møller, scattering <math>e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-</math>, cenni ai diagrammi di ordine più elevato, problema delle divergenze, cenni alla rinormalizzazione delle costanti, cenni alle applicazioni degli stessi metodi in materia condensata.</p>
<p><b>Esami propedeutici:</b> Meccanica quantistica 1.</p>
<p><b>Prerequisiti:</b></p>
<p><b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o esame scritto.</p>

<p><b>Insegnamento: MECCANICA STATISTICA 1</b></p>	
<p><b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02</p>	<p><b>CFU:</b> 8</p>
<p><b>Tipologia attività formativa:</b></p>	<p><b>Altro (specificare):</b></p>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>                  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, ed alla teoria dei campi.</p>	
<p><b>Programma sintetico (sillabo):</b>                  Elementi di termodinamica: Primo principio ed equilibrio. Secondo principio. Formulazione variazionale del secondo principio. Equilibrio termico e temperatura. Funzioni ausiliarie e trasformate di Legendre. Relazioni di Maxwell. Funzioni estensive ed equazione di Gibbs-Duhem. Funzioni intensive. Principi della meccanica statistica: Il postulato fondamentale. Metodo statistico ed ensemble. Ensemble microcanonico. Ensemble canonico. Esempi. Ensemble generalizzati e formula di Gibbs per l'entropia. Derivazione variazionale delle distribuzioni d'equilibrio. Transizioni di fase: Modello di Ising. Gas su reticolo. Rottura di simmetria e distanza di coerenza. Modello di Ising. Teoria di campo medio. Esponenti critici. Scaling. Cenni sul gruppo di rinormalizzazione su spazio reale: Gruppo di rinormalizzazione di Migdal-Kadanoff. Fondamenti della Meccanica Statistica Quantistica: Matrice densità.</p>	
<p><b>Esami propedeutici:</b></p>	
<p><b>Prerequisiti:</b></p>	
<p><b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.</p>	

<p><b>Insegnamento MECCANICA STATISTICA 2</b></p>	
<p><b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02</p>	<p><b>CFU:</b> 8</p>
<p><b>Tipologia attività formativa:</b></p>	<p><b>Altro (specificare):</b></p>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>                  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.</p>	

<b>Programma sintetico:</b> Gruppo di rinormalizzazione: Gruppo di rinormalizzazione nel modello di Ising in una e due dimensioni. Concetti geometrici nella teoria del gruppo di rinormalizzazione. 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. Equazione di Langevin. Relazioni di fluttuazione. Sistemi complessi: Polimeri lineari in soluzione. Percolazione. Sistemi disordinati.
<b>Esami propedeutici:</b> Elettrodinamica classica, Meccanica Quantistica 1, Meccanica Statistica 1.
<b>Prerequisiti:</b>
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.

<b>Insegnamento: METODI DI QUANTIZZAZIONE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Il corso descrive la quantizzazione delle teorie di punto ed a molti corpi in maniera interdisciplinare.	
<b>Programma sintetico:</b> Sistemi dinamici classici e quantistici: Sistemi hamiltoniani su spazi vettoriali a dimensione qualsiasi; sistemi hamiltoniani che lasciano invariate strutture aggiuntive; sistemi quantistici come sistemi hamiltoniani; sistemi di Weyl, limite quantistico classico, stati coerenti; gruppi di simmetria e leggi di conservazione. Path integral per meccanica quantistica e Teoria di Campo. Soluzioni solitoniche, vortici, monopoli, Skyrmioni, etc.. Teoria invariante conforme in 2D con applicazione a sistemi altamente correlati, Meccanica Statistica. stringa e a cosmologia (Buchi Neri), fenomeni dissipativi. Anomalie quantistiche chirali, di traccia per il tensore di momento-energia.	
<b>Esami propedeutici:</b> Elettrodinamica classica. Meccanica Quantistica 1.	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento: METODI DIRETTI E INVERSI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/06	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro:</b>
<b>Obiettivi Formativi:</b> Nel corso si discutono le tecniche di inversione dei dati sia dal punto di vista teorico che applicativo, con particolare attenzione al settore geofisico. Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito conoscenze che gli consentano di affrontare in autonomia e con spirito critico tematiche, anche maggiormente avanzate rispetto a quelle trattate nel corso, che coinvolgono l'inversione di dati geofisici.	
<b>Contenuti:</b> Generalità, esempi di formulazione e soluzioni di problemi inversi. Soluzione basata sul "metodo delle lunghezze". Grado di determinazione dei problemi inversi. Informazioni a priori. Varianza ed errore di predizione sulla soluzione ai minimi quadrati. Matrice inversa generalizzata. Matrici di risoluzione dei dati e del modello. Matrice unitaria di covarianza. Misure di bontà. Inverse generalizzate nel caso di buona risoluzione e covarianza. Metodo della massima verosimiglianza. Distribuzioni di probabilità a priori. Massima verosimiglianza per una teoria esatta. Teorie inesatte. Equivalenza degli approcci. Il test F. Applicazioni di spazi vettoriali. Trasformazioni di Householder. Decomposizione ai valori singolari. Problemi inversi lineari e distribuzioni non-gaussiane. Soluzioni al problema inverso in norma $L_1$ e $L_2$ . Problemi inversi non lineari. Convergenza e non unicità di problemi non lineari. Tecniche numeriche di risoluzione di problemi inversi non lineari. La funzione costo. Metodi locali e globali. Il downhill simplex method. Il metodo dei gradienti coniugati. L'algoritmo genetico. Il simulated annealing. Applicazioni.	
<b>Propedeuticità:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Colloquio e/o prova scritta.	

<b>Insegnamento: METODI GEOMETRICI DELLA FISICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>



<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire gli strumenti di geometria differenziale e le altre strutture geometriche di uso frequente nelle teorie di gauge delle particelle elementari e nelle teorie gravitazionali. In generale dare gli strumenti geometrici che si possono applicare a problemi fisici.
<b>Programma sintetico:</b> Varietà differenziali. Calcolo su varietà. Flussi e derivate di Lie. Forme differenziali. Integrazione di forme differenziali. Gruppi di Lie e algebre di Lie. Azione di gruppi di Lie. Gruppi di omologia. Gruppi di omologia dei complessi simpliciali. Cenni sull'omologia singolare. Gruppi di omotopia. Gruppi fondamentali. Esempi di gruppi fondamentali. Gruppi di coomologia di de Rham. Teorema di Stokes. Lemma di Poincaré. Varietà riemanniane e pseudo-riemanniane. Curvatura e torsione. Connessione di Levi-Civita. Isometrie e trasformazioni conformi. Campi vettoriali di Killing e di Killing conformi. Basi non-coordinate. Forme differenziali e teoria di Hodge. Spazi fibrati. Fibrato tangente e fibrato cotangente. Fibrati vettoriali. Fibrati principali. Connessioni su spazi fibrati. Connessioni su fibrati principali. Olonomia. Curvatura. Derivata covariante sui fibrati associati. Cenni sulla geometria delle teorie di gauge.
<b>Esami propedeutici:</b> Elettrodinamica classica. Meccanica Quantistica 1.
<b>Prerequisiti:</b>
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.

<b>Insegnamento: METODI MATEMATICI AVANZATI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Il corso fornisce i principali strumenti matematici in uso nelle teorie quantistiche e soprattutto nella teoria quantistica dei campi e nelle teorie di gauge tenendo anche in conto gli orientamenti e gli interessi degli studenti. In generale esso fornisce un complemento matematico, ai contenuti dei corsi fondamentali. Il programma di sotto indica una lista di possibili contenuti che possono richiedere un approfondimento matematico.	
<b>Programma sintetico:</b> Argomenti monografici come per esempio: Equazioni differenziali nel campo complesso, soluzioni. Funzioni analitiche in più variabili. Equazioni integrali e calcolo variazionale. Teoria dei gruppi e delle algebre di Lie. Classificazione di Cartan delle algebre di Lie semisemplici. Gruppi non compatti. Metodi di geometria algebrica. K-teoria. Funzione zeta di Riemann e sue generalizzazioni.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento: METODI MATEMATICI PER LA FISICA APPLICATA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Conoscenza e capacità di comprensione e soluzione di problemi generali di elettromagnetismo, conduzione del calore, fenomeni oscillatorii ed elastici, avendo appreso gli strumenti matematici avanzati illustrati nel corso delle lezioni e delle esercitazioni.	
<b>Contenuti:</b> <i>Funzioni analitiche.</i> Numeri complessi. Condizioni di Cauchy-Riemann. Relazione con le funzioni armoniche in due dimensioni. Funzioni analitiche elementari. Mappe conformi. Integrali di cammino. Teorema di Cauchy e sue conseguenze. Sviluppo in serie di Taylor. Zeri e singolarità isolate. Sviluppo in serie di Laurent. Teorema dei residui. Funzioni polidrome. Trasformate di Laplace, Soluzione di equazioni differenziali con la trasformata di Laplace. Relazioni di dispersione. <i>Funzioni speciali e equazioni alle derivate parziali.</i> Equazioni differenziali nel campo complesso. Soluzioni intorno ad un punto regolare. Singolarità fuchsiane e teorema di Fuchs. Soluzioni in serie di Frobenius. Equazioni totalmente fuchsiane. Equazione ipergeometrica e sue soluzioni. Singolarità non fuchsiane. Serie asintotiche per le soluzioni. Equazione ipergeometrica confluyente e sue soluzioni. Identità di Green, Teoremi di Gauss ed Helmholtz per i campi vettoriali. Laplaciano in coordinate cartesiane, sferiche e cilindriche. Metodo di separazione delle variabili. Cenni di riepilogo sulle serie e trasformate di Fourier. Equazione di Legendre, Polinomi di Legendre. Sviluppi in armoniche sferiche. Funzioni di Bessel. <i>Cenni su operatori e funzioni di Green.</i> Riepilogo sugli spazi lineari di dimensioni infinite. Norma e prodotto scalare.	

Basi ortonormali. Spazi di Hilbert. Spazi di funzioni. Spazi $l_2$ e $L_2(a,b)$ . Funzionali lineari. Operatori lineari. Continuità=limitatezza. Proprietà dei funzionali e degli operatori limitati. Operatore aggiunto. Operatori autoaggiunti. Spettro di un operatore. Equazioni differenziali ed operatori differenziali. Problemi al contorno. Condizioni al contorno autoaggiunte. Equazioni agli autovalori. Sviluppo in autofunzioni. Funzione di Green ed equazioni differenziali non omogenee. Problema di Sturm-Liouville regolare e cenni a quello singolare. <i>Applicazioni</i> . Problemi di elettrostatica, fluidodinamica, equazioni delle onde e conduzione del calore in due e tre dimensioni.
<b>Propedeuticità:</b>
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e orale.

<b>Insegnamento: METODOLOGIE NUCLEARI PER LA FISICA SANITARIA E IL CONTROLLO AMBIENTALE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/04, FIS/07	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire le conoscenze di base sull'interazione, la misura e gli effetti delle radiazioni ionizzanti. Far conoscere le principali tecniche di rivelazione e analisi delle radiazioni e di rilevazione ambientale di radioisotopi con metodi radiometrici e non. Approfondire gli aspetti dosimetrici dell'esposizione, anche rispetto alle procedure radioprotezionistiche.	
<b>Programma sintetico:</b> Il decadimento radioattivo e la misura dei parametri che lo caratterizzano. Trasformazioni successive. L'equilibrio radioattivo. Le sorgenti di radiazioni e i vari tipi di trasformazione radioattiva. Produzione dei raggi X. Decadimento gamma. Interazione delle radiazioni con la materia. Radiazioni direttamente e indirettamente ionizzanti. Principali tecniche di rivelazione. Analisi spettrometrica: gli strumenti e le metodologie. La dose. Effetti biologici delle radiazioni ionizzanti. Danneggiamento stocastico e non-stocastico. Definizione e misura delle principali grandezze dosimetriche. Elementi di radioprotezione e dosimetria personale. Cenni alle applicazioni sanitarie dei fasci ionici. Sorgenti radioattive artificiali e naturali nell'ambiente; problemi connessi. Principali tecniche di monitoraggio ambientale. Misure in campo e tecniche di campionamento. L'analisi elementare. Cenni alla spettrometria di massa. L'uso dell'AMS per la ricerca degli isotopi rari.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale di laboratorio e esame orale.	

<b>Insegnamento: METODOLOGIE PER L'ANALISI DELLE IMMAGINI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/07	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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 e 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).	
<b>Programma sintetico:</b> Il software IMAGEJ 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.	
<b>Esami propedeutici:</b> Fisica medica.	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e prova pratica.	

<b>Insegnamento: MICROPROCESSORI E SISTEMI EMBEDDED</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>            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.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>            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.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b> Elettronica Digitale, Laboratorio di Sistemi Digitali.	
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenza delle FPGA e del loro flusso di progetto. Conoscenza dei linguaggi C e VHDL.	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale + sviluppo e discussione di un progetto di laboratorio.	

<b>Insegnamento: MODELLIZZAZIONE DEI SISTEMI COMPLESSI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>            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.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>            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.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b> Meccanica Statistica 1.	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento: OTTICA QUANTISTICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/03	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenza dell'elettromagnetismo e della meccanica quantistica almeno al livello della laurea triennale, preferibilmente più avanzata.	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o esame scritto.	

<b>Insegnamento: PROGRAMMAZIONE A OGGETTI PER LA FISICA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> INF/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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 computer 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.	
<b>Programma sintetico:</b> 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 template 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b> esperienza elementare di sviluppo di semplici algoritmi al livello del corso di Informatica della triennale.	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e progetto scritto.	

<b>Insegnamento: REAZIONI NUCLEARI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/ 04	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	

<b>Programma sintetico):</b> 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-Scwinger. 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.
<b>Esami propedeutici:</b> Fisica nucleare.
<b>Prerequisiti:</b> 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.
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.

<b>Insegnamento: RELATIVITÀ GENERALE E GRAVITAZIONE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b> Elettrodinamica classica.	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento: SENSORI, RIVELATORI ED ELETTRONICA ASSOCIATA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	

<b>Programma sintetico (sillabo):</b> 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.
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b>
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.

<b>Insegnamento: SISMOLOGIA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/06	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> 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.	
<b>Programma sintetico:</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento: SISTEMI DINAMICI INTEGRABILI E CAOTICI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Il corso descrive i sistemi dinamici integrabili non lineari e fornisce una introduzione ai sistemi caotici discreti, continui e a più dimensioni.	
<b>Programma sintetico:</b> Sistemi dinamici classici e quantistici: Sistemi Hamiltoniani su spazi vettoriali a dimensione qualsiasi; sistemi Hamiltoniani che lasciano invariate strutture aggiuntive; sistemi quantistici come sistemi Hamiltoniani. Gruppi di simmetria e leggi di conservazione. Sistemi integrabili a dimensione finita. Coppie di Lax. Sistemi dinamici discreti. Sistemi caotici discreti. Equazioni differenziali caotiche: Equazione di Lorenz. Mappa di Henon. Teorema KAM e transizione dai sistemi integrabili ai sistemi caotici. Caos e integrabilità in meccanica quantistica.	
<b>Esami propedeutici:</b> Elettrodinamica classica.	

<b>Prerequisiti:</b>
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.

<b>Insegnamento: SISTEMI FISICI DISCRETI E TECNICHE DI PROGRAMMAZIONE AVANZATE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/07	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>          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.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>          Il programma è articolato in</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• revisione dei contenuti teorici : onde stazionarie. linee di trasmissione e guide d'onda.</li> <li>• sviluppo di ulteriori competenze nell'uso di matlab, dei filtri numerici e dei filtri d'onda.</li> <li>• introduzione a Matlab/Simulink. Come entrare in ambiente matlab/simulink, come costruire un file per un modello in Simulink. e come manipolare i blocchi.</li> </ul> <p>L'esame della modellizzazione in ambiente Matlab e Simulink prevede la realizzazione di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• generatori di segnali attraverso la selezione di funzioni matematiche, onde e funzioni complesse.</li> <li>• moduli per la soluzione di equazioni differenziali ordinarie ed equazioni alle differenze.</li> <li>• moduli per la soluzione di problemi di algebra matriciale collegati al DSP.</li> <li>• moduli per circuiti elettrici.</li> <li>• moduli specifici per problematiche di signal processing.</li> </ul> <p>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.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b> Analisi ed Elaborazione dei segnali.	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Discussione di un progetto scritto e orale.	

<b>Insegnamento: STORIA DELL'ASTRONOMIA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/05	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>          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.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>          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. Thyco 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".</p>	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	

<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o scritto.
------------------------------------------------------------------------

<b>Insegnamento: TECNICHE DI ACCELERAZIONE E TRASPORTO DEI FASCI DI PARTICELLE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire conoscenze di ottica, dinamica ed accelerazione di fasci di particelle con applicazioni in fisica, medicina, diagnostica ed industria.	
<b>Programma sintetico:</b> 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.	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.	

<b>Insegnamento: TECNICHE DI ACQUISIZIONE DATI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire adeguate competenze per la progettazione e la gestione di moderni apparati automatizzati di acquisizione dati.	
<b>Programma sintetico:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inquadramento, utilizzo degli elaboratori in esperimenti di fisica.</li> <li>2. Sensori I: Principi di funzionamento, caratteristiche comuni a tutti i sensori e trasduttori.</li> <li>3. Sensori II: Esempi di sensori: Velocità, Posizione, Pressione, Temperatura, Sensori di radiazione, di luce, Fotodiodi, CCD.</li> <li>4. Condizionamento dei segnali di misura: necessità, amplificatori operazionali: varie configurazioni, Filtri.</li> <li>5. Digitalizzazione delle informazioni: DAC, ADC, e loro caratteristiche principali, esempi di tecniche di conversione.</li> <li>6. Trasmissione delle informazioni: Generalità, varie topologie, trasmissione seriale, trasmissione parallela, sincrona/asincrona. Protocollo RS232/422/485 e segnali di controllo. Esempi di interfacciamento.</li> <li>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.</li> <li>8. Sistemi operativi e S.O. in real time.</li> <li>9. Strumentazione modulare.</li> <li>10. Strumentazione virtuale. LabVIEW.</li> <li>11. Attività sperimentale in laboratorio su sistemi di acquisizione (2 CFU).</li> </ol>	
<b>Esami propedeutici:</b>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o esame scritto (+ prova pratica per il Lab.).	

<b>Insegnamento: TECNICHE SPERIMENTALI PER LA FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/01	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>



<b>Obiettivi formativi:</b> 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.
<b>Programma sintetico:</b> 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 spettrometri 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.
<b>Esami propedeutici:</b>
<b>Prerequisiti:</b>
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.

<b>Insegnamento: TEORIA CLASSICA DEI CAMPI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Lo studio delle principali teorie dei campi come equazioni classiche, e la loro soluzione.	
<b>Programma sintetico:</b> Sistemi classici a un numero infinito di gradi di libertà e loro simmetrie. Il campo elettromagnetico. Il campo di Klein Gordon e Dirac come equazioni classiche. Le equazioni fondamentali della fluidodinamica. Le equazioni di Burgers e Kortweg-de Vries. Soluzioni solitoniche. Solitoni topologici.	
<b>Esami propedeutici:</b> Elettrodinamica classica. Meccanica Quantistica 1.	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento: TEORIA DEI MOLTI CORPI IN FISICA DELLA MATERIA</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/03	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<b>Obiettivi formativi:</b> Conoscenza e capacità applicative delle principali tecniche basate sulle funzioni di Green per la trattazione teorica di sistemi quantistici della materia condensata.	
<b>Programma sintetico:</b> Richiami di seconda quantizzazione: il gas omogeneo di elettroni liberi o su reticolo cristallino, il modello di Hubbard. Funzioni di Green a temperatura nulla per sistemi a molte particelle: richiami sulle rappresentazioni in meccanica quantistica, sulla matrice S, sul teorema di Wick e i diagrammi di Feynman; definizione di funzione di Green per elettroni e fononi, il caso di sistemi non interagenti; concetto di auto-energia ed equazione di Dyson; regole per lo sviluppo diagrammatico. Funzioni di Green a temperatura finita: funzioni di Matsubara; funzioni di Green ritardate a tempi reali e continuazione analitica. Risposta lineare: formule di Kubo per la conducibilità elettrica e termica. Proprietà del gas elettronico degenere omogeneo: approssimazione delle fasi casuali (RPA); modelli di funzione dielettrica, schermaggio. Interazione elettrone-fonone: proprietà del polarone; conducibilità in continua e in alternata per metalli convenzionali e sistemi correlati. Cenni al formalismo delle funzioni di Green di non equilibrio.	
<b>Esami propedeutici:</b> Meccanica Quantistica 2.	
<b>Prerequisiti:</b> Oltre agli esami propedeutici, è opportuna una conoscenza della fisica dei solidi almeno al livello tipicamente trattato nella laurea triennale.	

<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale e/o scritto.
------------------------------------------------------------------------

<b>Insegnamento: TEORIA DELLA STRUTTURA NUCLEARE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/04	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>            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.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>            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.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b> Fisica Nucleare	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale.	

<b>Insegnamento: TEORIA DELLE STRINGHE</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>            Una introduzione alle teorie delle superstringhe come teoria unificata delle particelle elementari e della gravità. Introduzione alla supersimmetria.</p>	
<p><b>Programma sintetico:</b>            Introduzione storica. Punto Materiale: azione classica e principi variazionali, moto in spazi curvi Stringa Bosonica: Azione Classica di Nambu-Goto Azione di Polyakov 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.</p>	
<b>Esami propedeutici:</b> Elettrodinamica Classica, Meccanica Quantistica 1, Meccanica Quantistica 2.	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame scritto e/o orale.	

<b>Insegnamento: TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI</b>	
<b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> FIS/02	<b>CFU:</b> 8
<b>Tipologia attività formativa:</b>	<b>Altro (specificare):</b>
<p><b>Obiettivi formativi:</b>            Lo studente acquisirà conoscenze e competenze degli aspetti concettuali e tecnici della teoria quantistica con applicazione alle interazioni fondamentali.</p>	

**Programma sintetico:**

Richiami di meccanica quantistica relativistica. I Gruppi di Lorentz e Poincaré. Campi classici. Quantizzazione canonica. Integrali di cammino in meccanica quantistica di punto. Integrali di cammino per campi scalari. Integrali di cammino per i campi fermionici. Teoria perturbativa dei campi in interazione. Campi di gauge. Rottura della simmetria e modello elettrodebole. Rinormalizzazione.

**Esami propedeutici:** Elettrodinamica Classica, Meccanica Quantistica 1.

**Prerequisiti:**

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

## **Allegato C**

### **Prova Finale**

La Laurea Magistrale in Fisica si consegue dopo aver superato una prova finale che consiste nella discussione di un elaborato scritto di tesi. La tesi magistrale verte su un argomento specifico, sotto la guida di almeno un docente o ricercatore universitario (Relatore) del Dipartimento di Scienze Fisiche (DSF) o afferente alla Facoltà, il quale supervisionerà l'attività nelle sue diverse fasi. Essa consiste in una relazione scritta elaborata in modo originale su argomenti teorici o sperimentali nei campi della fisica e delle sue applicazioni o in un campo interdisciplinare con prevalente uso di metodologie, teoriche e/o sperimentali, tipiche della fisica. Il lavoro può essere svolto all'interno del Dipartimento di Fisica o presso aziende, strutture e laboratori, tanto universitari quanto pubblici o privati, in Italia e all'estero, secondo modalità stabilite dal CCS. Superato l'esame di Laurea Magistrale lo studente consegue il titolo di Dottore Magistrale in Fisica, indipendentemente dal curriculum prescelto, del quale verrà eventualmente fatta menzione nella carriera accademica.

La discussione della tesi avviene alla presenza di una commissione all'uopo nominata, costituita da docenti della Facoltà.

Al termine della discussione la Commissione valuta la prova esprimendo un voto di laurea in centodecimi che tiene conto anche della carriera universitaria del candidato.

Qualora il voto di laurea non sia inferiore a 110 la Commissione può all'unanimità attribuire allo studente la distinzione della lode.

### **Modalità di richiesta della Tesi**

Può chiedere la Tesi uno studente iscritto al II anno della Laurea Magistrale, che ha conseguito almeno 40 CFU. Situazioni particolari, che non abbiano questi requisiti, saranno valutate caso per caso. Lo studente può concordare l'argomento della Tesi con un Relatore a sua scelta. Subito dopo aver concordato con il Relatore prescelto l'argomento della prova finale, lo studente dovrà presentare al Presidente del CCS domanda di assegnazione della tesi compilando l'opportuno modulo, disponibile presso la Segreteria Didattica del Dipartimento stesso, contenente il nome del Relatore, l'argomento della prova, la struttura presso cui il lavoro sarà svolto e controfirmato dal Relatore e dall'eventuale Tutore presso la struttura esterna al DSF. La Segreteria del CCS, esaminata la richiesta, assegna la tesi e nomina il Relatore ufficiale. 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.

### **Ammissione all'esame di Laurea**

È ammesso all'esame di laurea lo studente che ha conseguito tutti gli 82 CFU del vigente ordinamento del Corso di Laurea Magistrale in Fisica.

Oltre a compiere gli adempimenti comuni per i laureandi di tutti i corsi di laurea, quali domanda e prenotazione presso la Segreteria Studenti della Facoltà di Scienze, i laureandi magistrali in Fisica devono prenotarsi e consegnare l'elaborato di tesi in triplice copia, almeno 15 giorni prima della data prevista per l'esame, presso la Segreteria Didattica del Dipartimento di Scienze Fisiche, Complesso Universitario di Monte S. Angelo.