

**MANIFESTO DEGLI STUDI**  
**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA**  
**A.A. 2010/2011**

**1. Denominazione** - Laurea Magistrale in **FISICA**

**2. Classe** - Il Corso di laurea magistrale in **Fisica** appartiene alla classe LM-17 - **Fisica**.

Il Corso di laurea magistrale in Fisica afferisce al CISF della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali ed è retto dal CISF Interclasse di Scienze Fisiche secondo le norme del Regolamento didattico d'Ateneo.

Gli obiettivi e la struttura del corso di Laurea sono definiti nell'**Ordinamento del Corso di Laurea Magistrale in Fisica**.

**3. Obiettivi formativi**

Il corso di Laurea Magistrale in Fisica intende fornire allo studente la capacità di promuovere e sviluppare l'innovazione scientifica e tecnologica, di gestire tecnologie in ambiti correlati con le discipline fisiche nei settori dell'industria, dell'ambiente, della sanità, dei beni culturali, dell'informatica e di vari campi della pubblica amministrazione.

Il Corso di Laurea Magistrale in Fisica ha un duplice obiettivo formativo: i) provvede a consolidare ed approfondire la preparazione di base in Fisica già acquisita nel Corso di Laurea triennale, integrandola con argomenti avanzati sugli aspetti fondamentali; ii) prepara i giovani al loro ingresso nel mondo del lavoro e della ricerca. Al fine di poter fornire allo studente competenze specifiche in differenti ambiti specialistici, il corso sarà articolato in curricula, in ognuno dei quali verranno affrontate sia le problematiche attuali relative al curriculum scelto sia i rilevanti aspetti metodologici.

Il corso si articola in curricula nei seguenti campi: fisica della materia (contemplando risvolti sperimentali, teorici ed applicativi) ed astrofisica.

Il progetto formativo è in ogni caso finalizzato a conferire:

- una solida padronanza del metodo di indagine scientifica, congiunta ad una solida preparazione culturale nella fisica classica e moderna;
- una approfondita conoscenza delle moderne strumentazioni di misura, delle tecniche di analisi dati e degli strumenti matematici ed informatici di supporto;
- una elevata preparazione scientifica ed operativa nelle varie discipline fisiche;
- la capacità di operare con ampia autonomia, anche assumendo ruoli di responsabilità in gruppi e progetti operativi;
- la capacità di utilizzare le conoscenze acquisite per la modellizzazione di sistemi complessi nel campo delle scienze di base ed applicate;

Grazie a tali attività formative, il Corso di Laurea Magistrale in Fisica mira a preparare laureati che abbiano competenze conformi agli obiettivi qualificanti previsti dalla declaratoria della classe **LM-17**, ed abbiano una preparazione conforme ai seguenti requisiti.

**Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding)**

I laureati magistrali in Fisica devono possedere:

- una conoscenza, approfondita rispetto a quella del primo ciclo di studi universitari, dei diversi settori della fisica classica e moderna;
- estesa familiarità con il metodo scientifico di indagine e con la sua applicazione, anche in forma originale, alla rappresentazione ed alla modellizzazione della realtà fisica;
- abilità nell'individuare e schematizzare gli elementi essenziali di un processo o di una situazione, di elaborare un modello fisico adeguato e di verificarne la validità;
- competenze operative e di laboratorio ad alto livello di specializzazione;
- elevata capacità di utilizzare strumenti matematici e informatici adeguati.

Tali competenze sono acquisite sia negli insegnamenti a carattere generale sia negli approfondimenti sulla tematica specifica di specializzazione, per lo più in un contesto di ricerca, e sono verificate nel corso delle prove in itinere, della discussione di tesine e relazioni di laboratorio, degli esami di profitto, della prova finale.

### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)**

I laureati magistrali in Fisica hanno capacità di operare professionalmente in ambiti definiti di applicazione quali, a secondo del curriculum scelto, la ricerca scientifica oppure il supporto scientifico a varie attività, ad es. quelle industriali, mediche e sanitarie, quelle concernenti l'ambiente, il risparmio energetico ed i beni culturali, nonché le varie attività rivolte alla diffusione della cultura scientifica.

A tale proposito il laureato magistrale:

- è capace di progettare, organizzare e condurre misure di laboratorio;
- è capace di sviluppare modelli teorici o simulativi della realtà fisica;
- è capace di gestire, analizzare ed interpretare dati scientifici derivati da misure sperimentali;
- possiede capacità di pianificazione dell'attività professionale;
- possiede capacità informatiche e di data-processing relative ad informazioni e dati sperimentali;
- possiede strumenti matematici ed informatici necessari ad analizzare criticamente la fenomenologia osservata.

Tali competenze maturano nel corso di vari insegnamenti e sono verificate, quindi, in sede di esame; tuttavia, si acquisiscono e trovano la più chiara manifestazione nel corso della tesi finale che costituisce un fondamentale momento di verifica di tali competenze.

### **Autonomia di giudizio (making judgements)**

I laureati magistrali in Fisica hanno capacità di operare con elevato grado di autonomia nell'impostare tematiche di ricerca, nel gestire situazioni complesse e nell'operare scelte assumendosi responsabilità professionali.

A tale proposito il laureato magistrale:

- è in grado di attribuire un corretto significato a misure di laboratorio;
- possiede abilità teoriche e sperimentali anche in settori avanzati della fisica, applicabili anche in diversi contesti;
- è in grado di dare valutazioni appropriate anche in campi non strettamente scientifici;
- è in grado di dare valutazioni basandosi su un'analisi complessiva di vari aspetti, scientifici e non, legati al problema;
- sviluppa capacità di approccio rigoroso e critico nel proporre ed analizzare problemi.

Tali capacità vengono continuamente stimolate durante gli insegnamenti e verificate nel corso degli esami, spesso proponendo problemi che richiedono un approccio "non scolastico".

L'autonomia di giudizio viene inoltre messa alla prova nel corso di tirocini e del lavoro di tesi che coinvolgono scelte da fare, inizialmente con il tutor o relatore, e successivamente in modo sempre più autonomo.

### **Abilità comunicative (communication skills)**

I laureati magistrali in Fisica hanno:

- capacità di enucleare e mettere a fuoco gli elementi essenziali di una tematica scientifica;
- elevate competenze e strumenti avanzati per la comunicazione e la gestione dell'informazione, in ambiti specialistici e non;
- capacità di organizzare ed esporre in maniera sistematica sia scritta che orale un tema o un risultato scientifico.

Parecchie di tali abilità sono acquisite e verificate nel corso dei vari insegnamenti, attraverso la stesura di tesine, relazioni di laboratorio e di brevi presentazioni su temi del corso (alla fine di tali presentazioni il docente chiarisce, oltre che gli argomenti disciplinari, anche gli aspetti della comunicazione scientifica che andrebbero migliorati o modificati); tali capacità sono messe alla

prova più estesamente nella preparazione e presentazione della tesi di laurea magistrale nel corso dell'esame pubblico, in larga misura svolto con l'ausilio di strumenti informatici di comunicazione.

### **Capacità di apprendimento (learning skills)**

I laureati magistrali in Fisica sono in grado di:

- studiare in modo autonomo una tematica nuova, spesso cercando da sé nuove fonti di informazione e documentazione; infatti durante, o a conclusione di, alcuni dei corsi viene proposta la stesura di tesine su temi specifici che tipicamente affrontano aspetti al di là di quelli del corso; sovente gli argomenti sono proposti dallo studente stesso;
- proseguire gli studi in attività di ricerca scientifica o tecnologica a livello avanzato, con un alto grado di autonomia;
- inserirsi prontamente, grazie ad una mentalità flessibile, in ambienti di lavoro anche di alta specializzazione, cimentandosi efficientemente nella ricerca di soluzioni a nuove problematiche;
- mettere in luce i collegamenti e gli aspetti comuni all'interno di una o più tematiche.

La capacità di apprendimento viene verificata nel corso dei vari esami, soprattutto dell'esame finale di laurea magistrale

Le capacità di apprendimento sono conseguite nel percorso di studio nel suo complesso, contrassegnato da un preciso rigore metodologico.

**Come evidente da quanto detto, molte delle capacità sono stimolate, sviluppate e poi messe alla prova e verificate, oltre che nel corso di parecchie verifiche durante il corso di studio, nel corso della stesura e discussione della tesi di laurea magistrale che costituisce un aspetto rilevante e qualificante del corso di studi.**

### **4. Ambiti occupazionali previsti per i laureati**

Le competenze acquisite consentono al laureato magistrale in Fisica di trovare collocazione in una vasta gamma di aree produttive per svolgere attività professionali che richiedono una approfondita conoscenza della Fisica e delle sue metodologie, curando attività di modellizzazione e analisi ed i relativi strumenti matematici ed informatici.

Alcuni esempi di sbocchi professionali includono:

- attività nell'ambito specifico presso Università ed Enti di Ricerca;
- i settori di ricerca e sviluppo delle industrie più tecnologicamente avanzate, con particolare riguardo a quelle di elettronica, informatica (ICT), materiali innovativi e nanostrutturati, ottica, biotecnologie, optoelettronica e attività spaziali;
- i laboratori professionali di Fisica in generale e, in particolare, di radioprotezione, di Fisica medica, di analisi di materiali di interesse storico e artistico, di acquisizione ed elaborazione di dati ambientali etc.;
- gli enti preposti al controllo ambientale;
- i settori tecnico-commerciali del terziario e della P.A., inclusi quelli relativi all'impiego di tecnologie informatiche.

Le competenze acquisite dal laureato magistrale in Fisica permettono l'accesso a tutte le professioni del punto 2.1.1.1 (Fisici e Astronomi) della classificazione ISTAT delle professioni. La formazione del laureato in Fisica è altresì mirata al suo inserimento in attività di ricerca scientifica o tecnologica a livello avanzato, e in attività di diffusione della cultura scientifica.

I laureati magistrali in Fisica, in particolare, potranno svolgere attività di divulgazione ad alto livello della cultura scientifica con particolare riferimento agli aspetti teorici, sperimentali ed applicativi della Fisica classica e moderna.

### **5. Requisiti di ammissione**

L'accesso al Corso di Laurea Magistrale in Fisica non è a numero programmato. Per l'ammissione a tale Corso occorre possedere uno dei seguenti requisiti curriculari:

- a) laurea nella classe L-25 del DM 509/99 o nella classe L-30 del DM 270/2004, laurea in Fisica o laurea in Astronomia del previgente ordinamento quadriennale;
  - b) laurea triennale, o diploma universitario di durata triennale, o laurea magistrale in altre classi o laurea del previgente ordinamento quadriennale, purché il curriculum del candidato includa i crediti e i contenuti disciplinari elencati nella Tabella A (art. 16 del Regolamento Didattico di Ateneo);
  - c) titolo di studio conseguito all'estero equivalente alle lauree indicate al punto a), e ritenuto idoneo ai sensi del Regolamento Didattico di Ateneo;
  - d) titolo di studio conseguito all'estero equivalente alle lauree indicate al punto b) purché il curriculum del candidato includa i crediti e i contenuti disciplinari elencati nella Tabella A .
- E' prevista inoltre una prova di ingresso obbligatoria, per verificare l'adeguata preparazione personale degli studenti ai fini dell'ammissione, che consisterà in un colloquio innanzi apposita Commissione nominata dal CISF.

## **6. Quadro generale degli insegnamenti, dei moduli e dei crediti ad essi assegnati.**

Gli insegnamenti e la loro articolazione in moduli sono specificati nelle accluse Tabelle B, C, C1, C2, D, D1 e D2.

Le attività formative sono organizzate in semestri; ogni semestre comprende di norma fino ad un massimo di cinque attività formative in parallelo, escluse le attività affini o integrative (comma 5 lettera d art. 11 DM270/2004) e le materie a scelta dello studente.

Il primo semestre inizia l'1 ottobre. Il secondo semestre inizia l'1 marzo. Ogni semestre comprende quattordici settimane di lezione, seguito da un periodo di studio individuale. Il semestre è concluso dal periodo dedicato alle prove di esame o di verifica.

Gli insegnamenti sono affidati a docenti secondo le modalità previste dalla normativa vigente e dai regolamenti didattici d'ateneo, di facoltà e di corso di laurea. I docenti che accettano di svolgere un insegnamento si impegnano a rispettare i programmi delineati nelle successive Tabella C, C1 e C2, e le modalità di svolgimento delle prove di esame e di verifica riportate nella Tabella B. Nell'interesse della didattica, uno stesso insegnamento può essere suddiviso in non più di tre moduli che possono essere affidati a docenti diversi. I moduli non possono avere un numero di crediti inferiore a 3 (art. 23 comma 1 del Regolamento Didattico di Ateneo). Possono essere riconosciuti fino a un massimo di 40 CFU per le conoscenze e abilità professionali previste dall'art. 4 del DM 16/03/2007, come specificato dall'art. 11 del Regolamento Didattico di Ateneo.

## **7. Verifiche dell'apprendimento ed accreditamento dei CFU**

Ciascun insegnamento si conclude con un esame la cui valutazione viene espressa in trentesimi con eventuale lode. Il superamento dell'esame comporta l'attribuzione dei crediti dell'insegnamento.

Alla fine di ciascun semestre può essere svolta una prova di verifica di cui si terrà conto per la valutazione finale (Art. 24 comma 3 del Regolamento Didattico di Ateneo). Le relazioni sulle esperienze svolte nei corsi di Laboratorio costituiscono parte integrante delle prove di valutazione. Per i corsi articolati su più moduli la prova finale sarà unica e non potrà essere articolata in prove di verifica parziale (art. 23 comma 1 del Regolamento Didattico di Ateneo).

Le date di esame sono fissate dal calendario didattico. Per ciascun insegnamento è previsto lo svolgimento di un minimo di 6 appelli annui di esame distribuiti in almeno 3 sessioni, distanziati di almeno 10 giorni dalla data d'inizio di ciascuno appello. Le modalità di svolgimento della prova di esame per ciascun insegnamento sono indicate nella Tabella B.

## **8. Propedeuticità e limitazioni dell'iscrizione.**

Non sono previste propedeuticità tra gli esami dei vari insegnamenti del Corso di Studio.

Le modalità di immatricolazione e iscrizione al Corso di Studio, nonché la validità o eventuale decadenza dei crediti formativi acquisiti, sono regolamentate dall'art. 25 del Regolamento Didattico di Ateneo.

## 9. Prova finale per il conseguimento del titolo

Consisterà nella presentazione di una tesi originale scritta, o in lingua italiana o in lingua inglese, predisposta in autonomia dallo studente, e riguardante un argomento specialistico relativo al curriculum prescelto. La tesi verrà discussa in seduta pubblica, davanti ad un'apposita Commissione.

Il voto di laurea, che è espresso in centodecimi con eventuale lode, deve esprimere una valutazione della prova finale, del curriculum dello studente, e della preparazione e maturità scientifica raggiunta al termine del corso di laurea magistrale.

Le date degli esami di laurea (non meno di tre appelli per anno) saranno fissate dal calendario didattico.

## 10. Struttura del corso di laurea

Il Corso di Laurea prevede due curricula: Astrofisica e Fisica della Materia. Gli insegnamenti comuni riguardano 42 CFU.

L'articolazione in curricula potrà essere variata dal CISF di Corso di Studi in Fisica, in seguito all'individuazione di nuove esigenze formative, stimolate sia da motivazioni culturali che dalla richiesta del mondo del lavoro.

L'attività di formazione svolta nell'ambito del Corso di Laurea Magistrale in Fisica si articola in:

- a) una parte generale, comune ai curricula, volta a integrare ed approfondire la formazione culturale e scientifica già raggiunta in Fisica (per complessivi 42 CFU);
- b) una parte specialistica, volta a fornire le conoscenze specifiche caratterizzanti il curriculum (per complessivi 24 CFU);
- c) attività formativa a scelta libera dello studente (per complessivi 12 CFU);
- d) svolgimento della tesi di Laurea Magistrale (per complessivi 40 CFU);
- e) altre attività formative (2 CFU).

## 11. Attività formative

Attività formative comuni ai curricula (42 CFU).

Attività formative caratterizzanti (30 CFU):

- Complementi di meccanica quantistica (FIS/02), 6 CFU;
- Complementi di struttura della materia (FIS/01), 6 CFU;
- Fisica Statistica (FIS/03), 6 CFU;
- Interazione Radiazione - Materia (FIS/05), 6 CFU;
- Laboratorio di Fisica Generale (FIS/01), 6 CFU.

Attività formative affini o integrative (12 CFU):

- Metodi matematici per la Fisica (MAT/07), 6 CFU;
- Simulazione numerica di processi fisici (MAT/07), 6 CFU.

**11.1** Il curriculum di Astrofisica comprenderà le seguenti attività formative.

Attività formative comuni, vedi sopra, ai curricula (42 CFU).

Attività formative caratterizzanti (24 crediti in totale)

- Laboratorio di Astrofisica (FIS/01), 6 CFU;
- Astrofisica (FIS/05), 6 CFU;
- Astrofisica delle alte energie (FIS/01), 6 CFU;
- Fisica dell'Universo (FIS/05), 6 CFU;

Attività formative a scelta dell'allievo per 12 CFU, in uno degli ambiti disciplinari relativi alle attività formative affini o integrative purché coerenti con il piano di studi.

Altre attività (2 CFU). Attività formative volte ad acquisire abilità informatiche e telematiche, relazionali, o comunque utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative volte ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso.

Attività formative per la prova finale (40 crediti in totale)

Prova finale. Consisterà nella presentazione di una tesi originale scritta, predisposta in autonomia dallo studente, e riguardante un argomento specialistico nell'ambito dell'Astrofisica. La tesi verrà discussa in seduta pubblica, davanti ad un'apposita Commissione.

**11.2** Il curriculum di Fisica della Materia comprenderà le seguenti attività formative.

Attività formative comuni, vedi sopra, a ciascuno dei curricula (42 CFU).

Attività formative caratterizzanti (24 crediti in totale)

- Fisica degli stati condensati (FIS/01), 6 CFU;
- Un insegnamento da scegliere fra (gruppo 1)
  - Spettroscopia Molecolare (FIS/01), 6 CFU;
  - Ottica Quantistica (FIS/01), 6 CFU;
- Due insegnamenti da scegliere fra (gruppo 2)
  - Laboratorio di Fisica della Materia (FIS/01), 6CFU;
  - Teoria dei Campi (FIS/02), 6 CFU;
  - Meccanica quantistica avanzata (FIS/03), 6 CFU;
  - Fisica dei Biosistemi (Fis/07);
  - Biofisica con laboratorio (FIS/07).

Attività formative a scelta dell'allievo per 12 CFU, in uno degli ambiti disciplinari relativi alle attività formative affini o integrative purché coerenti con il piano di studi.

Altre attività (tirocini etc.) 2 CFU.

Attività formative per la prova finale (40 crediti in totale)

Prova finale. Consisterà nella presentazione di una tesi originale scritta, predisposta in autonomia dallo studente, e riguardante un argomento specialistico nell'ambito della Fisica della Materia. La tesi verrà discussa in seduta pubblica, davanti ad un'apposita Commissione.

## **12. Piani di studio, trasferimenti e tirocini**

L'esame dei piani di studio individuali, per la verifica della coerenza delle materie a scelta, il riconoscimento di crediti pregressi, acquisiti presso altre strutture anche non universitarie e il riconoscimento degli studi compiuti all'estero sono, di norma, delegati alla giunta del CISF.

L'organizzazione di tirocini e di altre attività di apprendimento esterne alla struttura dell'Università e la valutazione dei relativi apprendimenti sono, di norma, delegati alla giunta del CISF.

## **13. Norme transitorie**

Gli esami sostenuti secondo l'ordinamento 509/99 della Laurea Specialistica in Fisica o nella laurea in Fisica secondo ordinamenti ad esso previgenti potranno essere riconosciuti ai fini del passaggio al nuovo ordinamento previa delibera del CISF su proposta dello studente interessato.

## **14. Piani di studi, trasferimenti e tirocini**

Sono delegati alla Giunta del CISF i seguenti compiti:

1. l'esame dei piani di studio individuali, il riconoscimento di crediti pregressi, acquisiti presso altre strutture anche non universitarie (domande di trasferimento) e il riconoscimento degli studi compiuti all'estero;
2. l'organizzazione del tirocinio e delle attività di apprendimento esterne alla struttura del Dipartimento di Scienze Fisiche ed Astronomiche e la valutazione dei relativi apprendimenti.

## TABELLA A

### Contenuti disciplinari minimi per l'accesso

SSD	SSD EQUIPOLLENTI	
MAT/05	MAT/02, MAT/03	18 CFU
FIS/01	FIS/02, FIS/03, FIS/07	36 CFU
CHIM/03	CHIM/02	6 CFU

## Ordinamento (Tabella B)

LAUREA MAGISTRALE						
	Tipo di attività	Sigla	Moduli	SSD	CFU	ESAMI
1° Anno		CMQ	Complementi di Meccanica Quantistica	FIS/02	6	Scritto e Orale
		CSM	Complementi di Struttura della Materia	FIS/01	6	Orale
	1b) Caratterizzanti	FST	Fisica Statistica	FIS/03	6	Orale
		IRM	Interazione radiazione materia	FIS/05	6	Orale
		LFG	Laboratorio di Fisica generale	FIS/01	6	Orale
		IND1	Materia Curriculum		6	Vedi Curriculum
		IND2	Materia Curriculum		6	Vedi Curriculum
	5b) Affini	MET	Metodi matematici della Fisica	MAT/07	6	Scritto e Orale
		SNF	Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici	MAT/07	6	Scritto e Orale
	5a) A scelta studente		S1		6	
5c) Elaborato/Lin						
5d) Altre attività						
	TOTALI				60	
2° Anno	1b) Caratterizzanti		Materia Curriculum		6	12 CFU
			Materia Curriculum		6	Dipendenti dal curriculum
	5b) Affini					
	5a) A scelta studente		S2		6	
	5c) Elaborato/Lin		Tesi di laurea		40	
	5d) Altre attività				2	
	TOTALI				60	
<b>GRAN TOTALE</b>					<b>120</b>	

I CFU relativi ai singoli moduli didattici indicati nella Tabella B sono stati attribuiti sulla base di una valutazione del lavoro complessivo che lo studente dovrà espletare per ciascun modulo e sono commisurati ai contenuti di massima specificati in appresso (Tabella C).



## Allegati

Costituiscono insegnamenti i seguenti gruppi di moduli:

### TABELLA C

#### Insegnamenti caratterizzanti

<b>Complementi di Meccanica Quantistica</b>	Teoria quantistica del momento angolare. Elementi di teoria dei gruppi con applicazioni al gruppo delle rotazioni e al gruppo simmetrico. Elementi di teoria della matrice densità. Metodi variazionali e applicazioni. Atomi a un elettrone e complessi. Effetti relativistici e iperfini. Effetti di campi statici esterni. Teoria di Hartree-Fock Multipletti atomici. Elementi di quantizzazione del campo elettromagnetico. Interazione di un atomo con il campo elettromagnetico. Processi di emissione e di assorbimento. Proprietà generali delle molecole. Stati elettronici molecolari. Molecole diatomiche.
<b>Complementi di Struttura della Materia</b>	Richiami di elettromagnetismo: Definizione di permeabilità e suscettività magnetica. Classificazione fenomenologica del comportamento magnetico delle varie sostanze. Diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo. La risonanza paramagnetica. Dielettrici e ferroelettrici. Superconduttività e superfluidità. Nanostrutture.
<b>Fisica Statistica</b>	Meccanica statistica di equilibrio e di non-equilibrio. Processi di non equilibrio in regime lineare. Fenomeni di trasporto. Produzione di entropia. Risposta lineare e relazioni di dispersione. Teorema fluttuazione-dissipazione. Instabilità, biforcazioni e processi lontano dall'equilibrio. Introduzione alle transizioni di fase e alla fisica dei liquidi.
<b>Interazione radiazione-materia</b>	Perdita di energia per ionizzazione. Radiazione emessa da una carica accelerata: formula di Larmor, generalizzazione relativistica. Emissione per bremsstrahlung. Radiazione Cherenkov Processi di diffusione e assorbimento della radiazione elettromagnetica: Diffusione Thomson, Rayleigh. Oscillatore legato; Compton diretto e inverso; Comptonizzazione; effetto fotoelettrico (fluorescenza & effetto Auger); produzione di coppie; Emissione di ciclotrone e sincrotrone; assorbimento per sincrotrone. Spettroscopia ad alta energia.
<b>Laboratorio di Fisica generale</b>	Sviluppo di metodologie di laboratorio. Studio di assorbimento, trasmissione, scattering. Esperimenti di Fisica della materia; esperimenti di Biofisica; esperimenti di Astrofisica.

#### Insegnamenti affini

<b>Metodi matematici della Fisica</b>	Teoria delle funzioni analitiche. Introduzione alla teoria dei tensori. Spazi vettoriali a dimensioni infinite. Funzioni generalizzate. Operatori integrali (cenni). Equazioni differenziali ordinarie. Equazioni differenziali alle derivate parziali. Cenni di teoria delle wavelet.
<b>Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici</b>	Programmazione, sistema operativo Linux e strumenti di base. Numeri Random, Pseudo-random, Sub-random. Applicazioni a simulazioni ed integrazioni con il metodo di Montecarlo. Impostazione generale della soluzione numerica delle equazioni differenziali. Metodi per la soluzione numerica di equazioni differenziali paraboliche, iperboliche ed ellittiche con applicazione a problemi fisici. Problemi non lineari. Calcolo parallelo e linguaggio MPI. Applicazione ad un problema fisico. GRID computing.

Nella Tabella seguente (Tabella D) è riportata la distribuzione delle attività formative nei semestri per i due anni di corso. Essa è da ritenersi adottata in via sperimentale e sarà sottoposta a verifica dal CCL a conclusione del primo anno di applicazione.

**TABELLA D**

<b>I ANNO</b>				
I Semestre			II Semestre	
Insegnamento	Cfu		Insegnamento	Cfu
<b>Complementi di Meccanica Quantistica</b>	<b>6</b>		<b>Materia a scelta</b>	<b>6</b>
<b>Complementi di Struttura della Materia</b>	<b>6</b>		<b>Fisica Statistica</b>	<b>6</b>
<b>Laboratorio di Fisica generale</b>	<b>6</b>		<b>Curriculum</b>	<b>6</b>
<b>Metodi matematici della Fisica</b>	<b>6</b>		<b>Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici</b>	<b>6</b>
<b>Interazione radiazione-materia</b>	<b>6</b>		<b>Curriculum</b>	<b>6</b>
<b>Totale</b>	<b>30</b>		<b>Totale</b>	<b>30</b>

  

<b>II ANNO</b>				
I Semestre			II Semestre	
Modulo	Cfu		Modulo	Cfu
<b>Curriculum</b>	<b>6</b>			
<b>Curriculum</b>	<b>6</b>			
<b>Materia a scelta</b>	<b>6</b>			
<b>Altre attività</b>	<b>2</b>			
<b>Totale</b>	<b>20</b>			

## Curriculum: Astrofisica

		LAUREA MAGISTRALE				
	Tipo di attività	Sigla	Moduli	SSD	CFU	ESAMI
1° Anno		CMQ	Complementi di Meccanica Quantistica	FIS/02	6	Scritto e Orale
		CSM	Complementi di Struttura della Materia	FIS/01	6	Orale
	1b) Caratterizzanti	FST	Fisica Statistica	FIS/03	6	Orale
		IRM	Interazione radiazione materia	FIS/05	6	Orale
		LFG	Laboratorio di Fisica generale	FIS/01	6	Orale
		IND1	Fisica dell'Universo	FIS/05	6	Orale
		IND2	Laboratorio di Astrofisica	FIS/01	6	Orale
	5b) Affini	MET	Metodi matematici della Fisica	MAT/07	6	Scritto e Orale
		SNF	Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici	MAT/07	6	Scritto e Orale
	5a) A scelta studente		S1		6	
5c) Elaborato/Lin						
5d) Altre attività						
	<b>TOTALI</b>				<b>60</b>	
2° Anno	1b) Caratterizzanti		Astrofisica	FIS/05	6	
			Astrofisica delle Alte Energie e laboratorio	FIS/01	6	
	5b) Affini					
	5a) A scelta studente		S2		6	
	5c) Elaborato/Lin		Tesi di laurea		40	
	5d) Altre attività				2	
	<b>TOTALI</b>				<b>60</b>	
<b>GRAN TOTALE</b>					<b>120</b>	

I CFU relativi ai moduli didattici del curriculum Astrofisica sono stati attribuiti sulla base di una valutazione del lavoro complessivo che lo studente dovrà espletare per ciascun modulo e sono commisurati ai contenuti di massima specificati in appresso (Tabella C1 – Astrofisica).

TABELLA C1 – ASTROFISICA

<b>Laboratorio di Astrofisica</b>	Introduzione alle principali tecniche di rivelazione di radiazione in Astronomia e discussione dei parametri principali che caratterizzano le prestazioni della strumentazione utilizzata (Area efficace, campo di vista, risoluzione angolare, risoluzione energetica, risoluzione temporale). Descrizione di alcuni strumenti attualmente in uso o in fase di sviluppo per future applicazioni. Esperienze di laboratorio con strumentazione per Astronomia ottica e nei raggi X soffici.
<b>Astrofisica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisica delle atmosfere stellari: stime di temperatura delle stelle, trasferimento radiativo, la funzione sorgente, il coefficiente di assorbimento, teoria della formazione delle righe spettrali, le righe dell'idrogeno, la curva di crescita</li> <li>- Spettroscopia di plasmi otticamente sottili: emissione continua e da righe, equilibrio di ionizzazione, modelli di emissività, assorbimento, cenni su rivelatori, tecniche di analisi e diagnostica, deviazioni dall'approssimazione coronale</li> <li>- Fisica del plasma: generalità, moti a singola particella, plasmi come fluidi, onde nei plasmi, il concetto di beta</li> </ul>
<b>Astrofisica delle Alte Energie e laboratorio</b>	Teoria dell'accrescimento. I sistemi binari che contengono oggetti compatti: Evoluzione di sistemi binari contenenti stelle di neutroni e buchi neri. Sistemi binari di grande massa e sistemi binari di piccola massa, teoria ed osservazioni. Teoria ed osservazione dei dischi di accrescimento. Nuclei di Galassie Attive ed esplosioni nella banda Gamma: teoria ed osservazioni. Informazioni generali sui principali strumenti utilizzati per osservare le sorgenti cosmiche e sull'astrofisica di tali sistemi. Approfondimento delle principali tecniche per l'analisi spettrale e temporale dei dati, e delle tecniche di analisi statistica per valutare il confronto dati-modello, l'accettabilità di un modello ed il calcolo degli errori sui parametri del modello.
<b>Fisica dell'Universo</b>	Formazione degli elementi: nucleosintesi stellare, raggi cosmici. Stati finali delle stelle e formazione degli oggetti compatti: nane bianche, stelle di neutroni, buchi neri. Elementi di Cosmologia.

Nella Tabella seguente (Tabella D1) è riportata la distribuzione delle attività formative nei semestri per i due anni di corso. Essa è da ritenersi adottata in via sperimentale e sarà sottoposta a verifica dal CCL a conclusione del primo anno di applicazione.

**TABELLA D1**

<b>I ANNO</b>				
I Semestre			II Semestre	
Insegnamento	Cfu		Insegnamento	Cfu
<b>Complementi di Meccanica Quantistica</b>	<b>6</b>		<b>Materia a scelta</b>	<b>6</b>
<b>Complementi di Struttura della Materia</b>	<b>6</b>		<b>Fisica Statistica</b>	<b>6</b>
<b>Laboratorio di Fisica generale</b>	<b>6</b>		<b>Fisica dell'Universo</b>	<b>6</b>
<b>Metodi matematici della Fisica</b>	<b>6</b>		<b>Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici</b>	<b>6</b>
<b>Interazione radiazione-materia</b>	<b>6</b>		<b>Laboratorio di Astrofisica</b>	<b>6</b>
<b>Totale</b>	<b>30</b>		<b>Totale</b>	<b>30</b>

  

<b>II ANNO</b>				
I Semestre			II Semestre	
Modulo	Cfu		Modulo	Cfu
<b>Astrofisica</b>	<b>6</b>			
<b>Astrofisica delle alte energie e laboratorio</b>	<b>6</b>			
<b>Materia a scelta</b>	<b>6</b>			
<b>Altre attività</b>	<b>2</b>			
<b>Totale</b>	<b>20</b>			

## Curriculum: Fisica della Materia

		LAUREA MAGISTRALE				
1° Anno	Tipo di attività	Sigla	Moduli	SSD	CFU	ESAMI
			CMQ	Complementi di Meccanica Quantistica	FIS/02	6
		CSM	Complementi di Struttura della Materia	FIS/01	6	Orale
	1b) Caratterizzanti	FST	Fisica Statistica	FIS/03	6	Orale
		IRM	Interazione radiazione materia	FIS/05	6	Orale
		LFG	Laboratorio di Fisica generale	FIS/01	6	Orale Orale
		FSC	Fisica degli stati condensati	FIS/01	6	Orale
		SC1	Materia a scelta del Curriculum (gruppo 1)	FIS/01	6	Vedi Curriculum
	5b) Affini	MET	Metodi matematici della Fisica	MAT/07	6	Scritto e Orale
		SNF	Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici	MAT/07	6	Scritto e Orale
	5a) A scelta studente		S1		6	
	5c) Elaborato/Lin					
	5d) Altre attività					
	<b>TOTALI</b>				<b>60</b>	
2° Anno	1b) Caratterizzanti		Materia a scelta del Curriculum (gruppo 2)		6	vedi tabella C2
			Materia a scelta del Curriculum (gruppo 2)		6	
	5b) Affini					
	5a) A scelta studente		S2		6	
	5c) Elaborato/Lin		Tesi di laurea		40	
	5d) Altre attività				2	
	<b>TOTALI</b>				<b>60</b>	
<b>GRAN TOTALE</b>					<b>120</b>	

I CFU relativi ai moduli didattici del curriculum Fisica della Materia sono stati attribuiti sulla base di una valutazione del lavoro complessivo che lo studente dovrà espletare per ciascun modulo e sono commisurati ai contenuti di massima specificati in appresso (Tabella C2 – Fisica della Materia).

Costituiscono insegnamenti i seguenti gruppi di moduli:

TABELLA C2 – FISICA DELLA MATERIA

<b>Fisica degli stati condensati</b>	Interazione fra atomi e fononi: Quantizzazione delle vibrazioni elastiche di una corda. Fononi. Stati coerenti dei campi di radiazione. Quanti di radiazione e bosoni. Interazione atomo-fonone. Atomi magnetici: Atomi magnetici a due livelli. Risonanza magnetica ed equazioni di Bloch. Cristalli: Legami nei cristalli. Modi normali acustici. Modi normali ottici. Contributi vibrazionali alle proprietà termiche dei cristalli. Bande elettroniche nei cristalli. Proprietà elettriche dei solidi: Metalli. Semiconduttori. Isolanti. Ferroelettrici. Piezoelettrici. Eccitazioni elementari nei solidi: Polaroni. Eccitoni. Polaritoni. Superconduttività e coppie di Cooper. Teoria di BCS. Magnetismo: Diamagnetismo. Paramagnetismo. Interazione fra momenti magnetici nei solidi. Ferromagnetismo. Antiferromagnetismo. Onde di spin. Solidi disordinati: Difetti nei cristalli. Leghe metalliche. Vetri.
<b>Ottica Quantistica (gruppo 1)</b>	Coerenza ottica. Fotodetection quantistica. Statistica dei fotoni. Stati di campo: numero, coerenti, squeezed. Interazione campo atomi a due livelli. Transizioni radiative. Effetti ottici non lineari. Atomi in cavità. Atomi freddi.
<b>Spettroscopia Molecolare (gruppo 1)</b>	<i>Introduzione:</i> Elementi di base della spettroscopia sperimentale. Teoria classica dell'assorbimento della radiazione. <i>Spettroscopia Infrarossa (Nir, Fts) E Raman:</i> Modi normali di vibrazione. Funzione d'onda e livelli energetici dell'oscillatore armonico ed anarmonico. Interazioni roto-vibrazionali. Principi fisici dell'assorbimento infrarosso. Regole di selezione e intensità delle righe spettrali. Applicazioni della teoria dei gruppi all'analisi delle vibrazioni molecolari. Allargamento di riga. Principi fisici dello scattering Raman. <i>Spettroscopia Uv-Visibile:</i> Orbitali atomici e molecolari. Struttura elettronica di molecole poliatomiche. Operazioni di simmetria, speci di simmetria e tabelle carattere. Approssimazione di Born-Oppenheimer. Modello LCAO. Regole di selezione delle transizioni elettroniche. Intensità delle righe spettrali. Principi fisici dell'allargamento delle bande di assorbimento. Struttura fine vibrazionale. Principio di Franck-Condon. <i>Spettroscopia di Fluorescenza e Fosforescenza:</i> Proprietà degli stati eccitati. Meccanismi di decadimento. Struttura vibrazionale degli spettri di fluorescenza.; applicazioni
<b>Laboratorio di Fisica della Materia (gruppo 2)</b>	Interfacciamento strumenti e acquisizione dati. Guide d'onda e cavità risonanti. Spettroscopia di Risonanza Paramagnetica Elettronica. Risposta elettromagnetica di superconduttori. Esperienze di laboratorio.
<b>Teoria dei Campi (gruppo 2)</b>	Gruppi di Lie e loro rappresentazioni. Gruppo di Lorentz e classificazione dei campi. Formalismo canonico classico e quantizzazione. Rinormalizzazione e invarianza di gauge. Simmetrie e rotture di simmetrie.
<b>Meccanica Quantistica Avanzata (gruppo 2)</b>	Dinamica quantistica, Rappresentazioni di Schrödinger, di Heisenberg, di interazione, Particelle identiche, Equazioni relativistiche delle onde, Equazione di Klein-Gordon, Equazione di Dirac, Teoria dello scattering da potenziale, Sezione d'urto e ampiezza di scattering, Funzione di Green, Approssimazioni di Born, Metodo delle onde parziali, Teoria dello scattering: Equazioni di Lippmann e Schwinger, Matrici S e T, Teoria perturbativa di Dyson per la matrice S.

<b>Biofisica con laboratorio (gruppo 2)</b>	<p>Elementi di Termodinamica delle Soluzioni e di Cinetica Chimica. energia di attivazione, teoria collisionale e teoria dello stato di transizione.</p> <p>Proprietà Conformazionali e Funzionali di Macromolecole Biologiche: struttura primaria, secondaria e terziaria delle proteine, interazioni intramolecolari e con il solvente. Denaturazione e folding delle proteine.</p> <p>Interazione di piccole molecole con le Proteine: reazione Proteina-Legante. Cooperatività nel processo di reazione col legante: proteine allosteriche.</p> <p>Modelli teorici. Cinetiche enzimatiche. Attrezzature e tecniche generali del laboratorio di Fisica Biologica: bilancia analitica, pH-metri, contenitori e utensili vari. Preparazione di campioni: diluizione, filtrazione, ultrafiltrazione, centrifugazione. Cromatografia liquida su colonna. Assorbimento ottico, Light scattering, Esperienze di laboratorio.</p>
<b>Fisica dei Biosistemi (gruppo 2)</b>	<p><i>Approcci sperimentali allo studio delle biomolecole:</i> Proprietà spettroscopiche delle biomolecole (UV/Vis, IR e Raman). Spettroscopia risolta in tempo. Flash fotolisi. Cenni di cristallografia a raggi X e di scattering di raggi X da proteine in soluzione.</p> <p><i>Dinamica delle proteine:</i> Sottostati conformazionali e panorama energetico di una proteina. Eterogeneità strutturale, spettrale e funzionale. Analogia con sistemi vetrosi. Cinetiche di ricombinazione dopo flash fotolisi. Dipendenza dalla temperatura dei 'rate' di reazione. Fluttuazioni di equilibrio e rilassamenti conformazionali.</p>



Nella Tabella seguente (Tabella D2) è riportata la distribuzione delle attività formative nei semestri per i due anni di corso. Essa è da ritenersi adottata in via sperimentale e sarà sottoposta a verifica dal CCL a conclusione del primo anno di applicazione.

**TABELLA D2**

<b>I ANNO</b>				
I Semestre			II Semestre	
Insegnamento	Cfu		Insegnamento	Cfu
<b>Complementi di Meccanica Quantistica</b>	<b>6</b>		<b>Materia a scelta libera</b>	<b>6</b>
<b>Complementi di Struttura della Materia</b>	<b>6</b>		<b>Fisica Statistica</b>	<b>6</b>
<b>Laboratorio di Fisica generale</b>	<b>6</b>		<b>Fisica degli stati condensati</b>	<b>6</b>
<b>Metodi matematici della Fisica</b>	<b>6</b>		<b>Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici</b>	<b>6</b>
<b>Interazione radiazione-materia</b>	<b>6</b>		<b>Materia a Scelta del curriculum gruppo 1</b>	<b>6</b>
<b>Totale</b>	<b>30</b>		<b>Totale</b>	<b>30</b>
<b>II ANNO</b>				
I Semestre			II Semestre	
Modulo	Cfu		Modulo	Cfu
<b>Materia a Scelta del curriculum gruppo 2</b>	<b>6</b>			
<b>Materia a Scelta del curriculum gruppo 2</b>	<b>6</b>			
<b>Materia a scelta</b>	<b>6</b>			
<b>Altre attività</b>	<b>2</b>			
<b>Totale</b>	<b>20</b>			

**N.B.**

Ove si volesse dare alla propria preparazione una impostazione applicativa è possibile la preparazione della tesi di laurea presso imprese o laboratori esterni all'Ateneo nonché scegliere due delle materie fra quelle previste a scelta libera dello studente. Diamo un elenco puramente indicativo di tali materie:

Fisica Medica

Spettroscopia Molecolare

Dosimetria e radioprotezione

Applicazioni nucleari in campo medico

Dosimetria della radiazioni ionizzanti

Principi di Citologia ed Istologia

Fisica applicata alla Geologia

Complementi di Geofisica Applicata

Proprietà fisiche dei materiali lapidei

Teoria e tecnica dei metodi tomografici in campi di potenziale e campi d'onda

Metodologie fisiche per diagnosi non distruttive

Metodi e tecnologie nucleari nell'industria

Materie degli altri curricula