

**MANIFESTO DEGLI STUDI**  
**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA**  
**A.A. 2009/2010**

**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 Consiglio della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali ed è retto dal Consiglio di Corso di Laurea magistrale in Fisica, 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. Da un canto 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. 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: biofisica, fisica della materia, fisica teorica, astrofisica e fisica applicata.

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 modellazione 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 alle attività industriali, mediche, sanitarie e 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 “difesa” della tesi di laurea magistrale che costituisce un aspetto rilevante 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 triennale secondo l'ordinamento DM 270/04 o l'ordinamento DM 509/99, oppure laurea specialistica o magistrale o laurea del previgente ordinamento, purché il curriculum del candidato includa i crediti formativi nei settori scientifico-disciplinari elencati nella Tabella A (art. 16 del Regolamento Didattico di Ateneo);

b) titolo di studio conseguito all'estero equivalente alle lauree indicate al punto a), purché il curriculum del candidato includa i crediti formativi nei settori scientifico-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 CCCS.

## **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, C3, C4 e D.

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, C2, C3 e C4 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 da lui 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 cinque curricula: Astrofisica, Fisica dei Biosistemi, Fisica della Materia, Fisica Teorica, Fisica Applicata. Gli insegnamenti comuni riguardano 42 CFU.

L'articolazione in curricula potrà essere variata dal Consiglio 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 Specialistica in Fisica si articola in:

- a) una parte generale, comune a tutti i 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 30 CFU);
- c) attività formativa a scelta libera dello studente (per complessivi 8 CFU);
- d) svolgimento della tesi di laurea specialistica (per complessivi 38 CFU);
- e) altre attività formative (2 CFU).

## 11. Attività formative

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

Attività formative caratterizzanti (30 CFU):

- Complementi di meccanica quantistica (FIS/03), 6 CFU;
- Complementi di struttura della materia (FIS/01), 6 CFU;
- Fisica Statistica (FIS/03), 6 CFU;
- Complementi di Fisica Nucleare e delle particelle (FIS/04), 4 CFU;
- Teoria della relatività (FIS/02), 4 CFU;
- Fisica dell'Universo (FIS/05), 4 CFU.

Attività formative affini o integrative (12 CFU):

- Metodi matematici per la Fisica (MAT/05), 6 CFU;
- Simulazione numerica di processi fisici (MAT/08), 6 CFU.

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

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

Attività formative caratterizzanti (30 crediti in totale)

- Laboratorio di Astrofisica I (FIS/05), 6 CFU;
- Laboratorio di Astrofisica II (FIS/05), 6 CFU;
- Astrofisica (FIS/05), 6 CFU;
- Astrofisica delle alte energie (FIS/05), 6 CFU;
- Fisica stellare (FIS/05), 6 CFU;

Attività formative a scelta dell'allievo per 8 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 (38 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 Applicata comprenderà le seguenti attività formative.

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

Attività formative caratterizzanti (30 crediti in totale)

- Laboratorio di Fisica Applicata I (FIS/07), 6CFU;
- Laboratorio di Fisica Applicata II (FIS/01), 6CFU;
- 3 insegnamenti a scelta, tra quelli indicati dal CCCS in Fisica, per un totale di 18 CFU: 12 CFU devono essere in ambiti disciplinari relativi ad attività formative caratterizzanti nei SSD FIS/01 o FIS/07; 6 CFU devono essere in ambiti disciplinari relativi ad attività formative affini o integrative, tra i SSD indicati nella acclusa tabella degli insegnamenti del curriculum di Fisica Applicata;

Attività formative a scelta dell'allievo per 8 CFU, in uno degli ambiti disciplinari relativi alle attività formative affini o integrative purché coerenti con il piano di studi.

La possibilità di scegliere attività in vari ambiti e, principalmente, nell'ambito applicativo è mirata a permettere allo studente di acquisire una conoscenza diretta in settori di particolare utilità per l'inserimento nel mondo del lavoro, ed è consigliata attività di tirocinio presso industrie ed enti pubblici o privati esterni all'Università.

Altre attività (tirocini etc.) 2 CFU.

Attività formative per la prova finale (38 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 applicata, o un progetto portato a termine durante l'attività di tirocinio.

**11.3** Il curriculum di Fisica dei Biosistemi comprenderà le seguenti attività formative.

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

Attività formative caratterizzanti (30 crediti in totale)

- Laboratorio di Biofisica I (FIS/07), 6CFU;
- Laboratorio di Biofisica II (FIS/01), 6CFU;
- Struttura della Materia Biologica (FIS/07), 6CFU;
- Spettroscopia Molecolare (FIS/07), 6CFU;
- Fisica dei Biosistemi (FIS/07), 6CFU;

Attività formative a scelta dell'allievo per 8 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 (38 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 dei Biosistemi. La tesi verrà discussa in seduta pubblica, davanti ad un'apposita Commissione.

**11.4** 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 (30 crediti in totale)

- Laboratorio di Fisica della Materia I (FIS/01), 6CFU;
- Laboratorio di Fisica della Materia II (FIS/01), 6CFU;
- Fisica dello stato solido (FIS/03), 6CFU;
- Spettroscopia Molecolare (FIS/07), 6CFU;
- Superconduttività (FIS/03), 6CFU;

Attività formative a scelta dell'allievo per 8 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 (38 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.

**11.5** Il curriculum di Fisica Teorica comprenderà le seguenti attività formative.

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

Attività formative caratterizzanti (30 crediti in totale)

- Meccanica Quantistica Avanzata I (FIS/02), 6CFU;
- Meccanica Quantistica Avanzata II (FIS/02), 6CFU;
- Ottica Quantistica (FIS/03), 6CFU;
- Teoria dei Campi I (FIS/02), 6CFU;
- Teoria dei Campi II (FIS/02), 6CFU;

Attività formative a scelta dell'allievo per 8 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 (38 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 Teorica. La tesi verrà discussa in seduta pubblica, davanti ad un'apposita Commissione.

NOTA

Le attività formative di cui sopra sono riferite a specifici settori scientifico-disciplinari. A tale riferimento non corrisponde alcuna preclusione relativa all'attribuzione degli insegnamenti ai docenti. Il CCL si riserva la possibilità di estendere tale assegnazione a docenti di settori scientifico-disciplinari affini, nell'esclusivo interesse della didattica.

## **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 CCCS.

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 CCCS.

## **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 CCCS su proposta dello studente interessato.

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

Sono delegati alla Giunta del CCCS 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**

MAT/03	6 CFU
MAT/05	12 CFU
FIS/01	21 CFU
FIS/02	9 CFU
FIS/03	6 CFU
CHIM/03	6 CFU



## Ordinamento (Tabella B)

		LAUREA MAGISTRALE				
	Tipo di attività	Sigla	Moduli	SSD	CFU	ESAMI
1° Anno		CMQ	Complementi di Meccanica Quantistica	FIS/03	6	Scritto e Orale
		CSM	Complementi di Struttura della Materia	FIS/01	6	Orale*
	1b)	FST	Fisica Statistica	FIS/03	6	Orale*
	Caratterizzanti	TRE	Teoria della Relatività	FIS/02	4	Orale
		FDU	Fisica dell'Universo	FIS/05	4	Orale
		CFN	Complementi di Fisica Nucleare e delle Particelle	FIS/04	4	Orale
		IND1	Materia Curriculum		6	Vedi Curriculum
		IND2	Materia Curriculum		6	Vedi Curriculum
		IND3	Materia Curriculum		6	Vedi Curriculum
	5b) Affini	MET	Metodi matematici della Fisica	MAT/05	6	Scritto e Orale**
		SNF	Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici	MAT/08	6	
	5a) A scelta studente					
	5c) Elaborato/Lin					
5d) Altre attività						
TOTALI					60	
2° Anno	1b)		Materia Curriculum		6	12 CFU
	Caratterizzanti		Materia Curriculum		6	Dipendenti dal curriculum
		5b) Affini				
	5a) A scelta studente		S1		8	
	5c) Elaborato/Lin		Tesi di laurea		38	
	5d) Altre attività				2	
	TOTALI					60
<b>GRAN TOTALE</b>					<b>120</b>	

Note:

\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica (Corso Integrato di Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica)**.

\*\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici (Corso Integrato di Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici)**.

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>Teoria della Relatività</b>	Richiami relatività ristretta. Formulazione covariante elettromagnetismo. Principio di equivalenza. Campo gravitazionale debole. Equazioni campo gravitazionale. Applicazioni. Onde gravitazionali. Soluzione a simmetria centrale e buchi neri. Principio cosmologico. Soluzioni di Robertson-Walker. Inflazione.
<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.
<b>Complementi di Fisica Nucleare e delle Particelle</b>	Nucleo atomico: fenomenologia. Decadimento $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ . Modello a goccia, modello a strati. Processi di fissione e fusione. Tipi di neutrino. Teoria elettrodebole. Modello a quarks dei nucleoni. Confinamento e libertà asintotica. Cromodinamica quantistica.

## 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>	Richiami 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. Qualche problema non lineare. Calcolo parallelo e linguaggio MPI. Applicazione ad un problema fisico. Cenni al 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>Fisica dell'Universo</b>	<b>4</b>
<b>Complementi di Struttura della Materia</b>	<b>6</b>		<b>Fisica Statistica</b>	<b>6</b>
<b>Teoria della Relatività</b>	<b>4</b>		<b>Complementi di Fisica Nucleare e delle Particelle</b>	<b>4</b>
<b>Metodi matematici della Fisica</b>	<b>6</b>		<b>Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici</b>	<b>6</b>
<b>Curriculum</b>	<b>6</b>		<b>Curriculum</b>	<b>6</b>
			<b>Curriculum</b>	<b>6</b>
<b>Totale</b>	<b>28</b>		<b>Totale</b>	<b>32</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>8</b>			
<b>Altre attività</b>	<b>2</b>			
<b>Totale</b>	<b>22</b>			

## Curriculum: Astrofisica

LAUREA MAGISTRALE							
	Tipo di attività	Sigla	Moduli	SSD	CFU	ESAMI	
1° Anno		CMQ	Complementi di Meccanica Quantistica	FIS/03	6	Scritto e Orale	
		CSM	Complementi di Struttura della Materia	FIS/01	6	Orale*	
	1b) Caratterizzanti	FST	Fisica Statistica	FIS/03	6	Orale*	
		TRE	Teoria della Relatività	FIS/02	4	Orale	
		FDU	Fisica dell'Universo	FIS/05	4	Orale	
		CFN	Complementi di Fisica Nucleare e delle Particelle	FIS/04	4	Orale	
		IND1	Labor. di Astrofisica I	FIS/05	6		
		IND2	Labor. di Astrofisica II	FIS/05	6	Relaz ed orale	
		IND3	Astrofisica	FIS/05	6	Orale	
	5b) Affini	MET	Metodi matematici della Fisica	MAT/05	6	Scritto e Orale**	
		SNF	Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici	MAT/08	6		
		5a) A scelta studente					
		5c) Elaborato/Lin					
	5d) Altre attività						
	TOTALI				60		
2° Anno	1b) Caratterizzanti		Astrofisica delle Alte Energie Fisica Stellare	FIS/05 FIS/05	6 6	Orale Orale	
	5b) Affini						
	5a) A scelta studente		S1		8		
	5c) Elaborato/Lin		Tesi di laurea		38		
	5d) Altre attività				2		
		TOTALI				60	
<b>GRAN TOTALE</b>					<b>120</b>		

Note:

\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica (Corso Integrato di Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica)**.

\*\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici (Corso Integrato di Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici)**.

I moduli di **Laboratorio di Astrofisica I e II** prevedono un unico esame (**Corso Integrato di Laboratorio di Astrofisica I e II**).

**Materie a scelta consigliate:**

Fisica dell'Informazione	4 CFU
Teoria del Campo Gravitazionale	4 CFU
Applicazioni di Relatività	4 CFU
Interazione radiazione-materia	4 CFU
Materie degli altri curricula	

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).  
 Costituiscono insegnamenti i seguenti gruppi di moduli:

TABELLA C1 - ASTROFISICA

<b>Laboratorio di Astrofisica I</b>	Cenni di interazione di particelle cariche di alta energia con la materia, di interazione radiazione-materia e processi di emissione delle sorgenti cosmiche. Cenni sui principi di funzionamento ed utilizzo di rivelatori e telescopi per l'astrofisica delle alte energie. Metodi di analisi spettrale e temporale di dati astronomici. Applicazione degli strumenti diagnostici e delle tecniche di analisi dati ad osservazioni di sorgenti astrofisiche.
<b>Laboratorio di Astrofisica II</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</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.
<b>Fisica stellare</b>	<p>Struttura stellare: equilibrio idrostatico, equilibrio termico, opacità, instabilità convettiva, teoria del trasporto convettivo, profondità delle zone convettive esterne, generazione di energia nelle stelle, equazioni di base della struttura stellare, stelle omologhe in equilibrio radiativi, influenza delle zone convettive sulla struttura stellare, cenni di calcolo di modelli stellari, modelli di stelle di sequenza principale.</p> <p>Evoluzione stellare: evoluzione di stelle di piccola massa, evoluzione di stelle di grande massa, stadi avanzati dell'evoluzione stellare, test osservativi delle teorie di evoluzione stellare, formazione stellare.</p>



## Curriculum: Fisica Applicata

		LAUREA MAGISTRALE					
	Tipo di attività	Sigla	Moduli	SSD	CFU	ESAMI	
1° Anno		CMQ	Complementi di Meccanica Quantistica	FIS/03	6	Scritto e Orale	
		CSM	Complementi di Struttura della Materia	FIS/01	6	Orale*	
	1b) Caratterizzanti	FST	Fisica Statistica	FIS/03	6	Orale*	
		TRE	Teoria della Relatività	FIS/02	4	Orale	
		FDU	Fisica dell'Universo	FIS/05	4	Orale	
		CFN	Complementi di Fisica Nucleare e delle Particelle	FIS/04	4	Orale	
		IND1	Labor. di Fisica Applicata I	FIS/07	6	Relaz ed orale	
		IND2	Labor. di Fisica Applicata II	FIS/01	6	Relaz ed orale	
		IND3	Vedi N.B.		6		
	5b) Affini	MET	Metodi matematici della Fisica	MAT/05	6	Scritto e Orale**	
		SNF	Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici	MAT/08	6		
	5a) A scelta studente						
	5c) Elaborato/Lin						
	5d) Altre attività						
	TOTALI				60		
2° Anno	1b) Caratterizzanti		Vedi N.B.		6	12 CFU Dipendenti dal curriculum	
	5b) Affini		Vedi N.B.		6		
	5a) A scelta studente		S1		8		
	5c) Elaborato/Lin		Tesi di laurea		38		
	5d) Altre attività				2		
		TOTALI				60	
		<b>GRAN TOTALE</b>				<b>120</b>	

Note:

\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica (Corso Integrato di Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica)**.

\*\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici (Corso Integrato di Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici)**.

I moduli di **Laboratorio di Fisica Applicata I e II** prevedono un unico esame (**Corso Integrato di Laboratorio di Fisica Applicata I e II**).

**N.B.**

Le materie di curriculum, oltre i due laboratori, possono differenziarsi secondo indirizzi in ambito *biomedico*, *geofisico* e *optoelettronico*, e possono mutuarsi da altri corsi di laurea. 12 CFU devono appartenere ad ambiti disciplinari relativi ad attività caratterizzanti nei SSD FIS/01 o FIS/07; 6 CFU devono appartenere ad ambiti disciplinari relativi ad attività affini o integrative tra i seguenti SSD: BIO/09-11, BIO/13, BIO/18, CHIM/02-03, CHIM/05, CHIM/06, MED/36. Per questo curriculum è incoraggiata la preparazione della tesi di laurea presso imprese o laboratori esterni all'Ateneo.

## Curriculum: Fisica dei Biosistemi

LAUREA MAGISTRALE						
	Tipo di attività	Sigla	Moduli	SSD	CFU	ESAMI
1° Anno		CMQ	Complementi di Meccanica Quantistica	FIS/03	6	Scritto e Orale
		CSM	Complementi di Struttura della Materia	FIS/01	6	Orale*
	1b) Caratterizzanti	FST	Fisica Statistica	FIS/03	6	Orale*
		TRE	Teoria della Relatività	FIS/02	4	Orale
		FDU	Fisica dell'Universo	FIS/05	4	Orale
		CFN	Complementi di Fisica Nucleare e delle Particelle	FIS/04	4	Orale
		IND1	Laboratorio di Biofisica I	FIS/07	6	Orale
		IND2	Laboratorio di Biofisica II	FIS/01	6	Relaz. ed orale
		IND3	Struttura della materia biologica	FIS/07	6	Orale
	5b) Affini	MET	Metodi matematici della Fisica	MAT/05	6	Scritto e Orale**
	SNF	Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici	MAT/08	6		
	5a) A scelta studente					
	5c) Elaborato/Lin					
	5d) Altre attività					
	TOTALI				60	
2° Anno	1b) Caratterizzanti		Spettroscopia molecolare	FIS/07	6	Orale
			Fisica dei Biosistemi	FIS/07	6	Orale
	5b) Affini					
	5a) A scelta studente		S1		8	
	5c) Elaborato/Lin		Tesi di laurea		38	
	5d) Altre attività				2	
	TOTALI				60	
<b>GRAN TOTALE</b>					<b>120</b>	

Note:

\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica (Corso Integrato di Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica)**.

\*\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici (Corso Integrato di Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici)**.

I moduli di **Laboratorio di Biofisica I e II** prevedono un unico esame (**Corso Integrato di Laboratorio di Biofisica I e II**).

**Materie a scelta consigliate:**

Fisica dei Liquidi e Transizioni di Fase	4 CFU
Fisica dell'Informazione	4 CFU
Interazione radiazione-materia	4 CFU
Applicazioni di Relatività	4 CFU
Materie degli altri curricula	

I CFU relativi ai moduli didattici del curriculum Fisica dei Biosistemi 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 dei Biosistemi).

Costituiscono insegnamenti i seguenti gruppi di moduli:

TABELLA C2 – FISICA DEI BIOSISTEMI

<b>Laboratorio di Biofisica I</b>	<p>Attrezzature e tecniche generali del laboratorio di Fisica Biologica: bilancia analitica, pH-metri, contenitori e utensili vari.</p> <p>Tecniche di misura e controllo della temperatura: termocoppie, termometri al platino, termometri al quarzo; termostati.</p> <p>Preparazione di campioni: diluizione, filtrazione, ultrafiltrazione, centrifugazione. Cromatografia liquida su colonna.</p> <p>Light scattering: scattering statico e scattering dinamico della luce; relazione tra le fluttuazioni temporali dell'intensità della luce diffusa e il moto degli scatteratori; Strumentazione per light scattering: sorgenti di luce laser, rivelatori, correlatori, ottica di supporto.</p> <p>Esperienze di laboratorio.</p>
<b>Laboratorio di Biofisica II</b>	<p><i>Introduzione alla spettroscopia di assorbimento e luminescenza.</i> Centri di colore nei solidi. Transizioni ottiche nei centri di colore. Forma spettrale di una banda, accoppiamento elettrone-fonone (fattore di <i>Huang-Rhys</i>). Allargamento spettrale di una banda ottica: contributi omogenei e inhomogenei. Emissione radiattiva di luminescenza. Dipendenza dalla temperatura dell'efficienza di luminescenza.</p> <p><i>Tecniche sperimentali nelle spettroscopie di assorbimento e luminescenza.</i></p> <p>Schema e principio di funzionamento di uno spettrofotometro e di un spettrofluorimetro</p> <p>Sorgente di eccitazione (lampade a incandescenza, lampade a scarica, Laser);</p> <p>Elementi dispersivi (descrizione del reticolo, potere dispersivo e risolutivo);</p> <p>Rivelazione di luce (fotomoltiplicatori e Charge Coupled Device CCD)</p> <p>Esperienze di laboratorio.</p>
<b>Struttura della Materia Biologica</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.</p> <p>Cooperatività nel processo di reazione col legante: proteine allosteriche.</p> <p>Modelli teorici. Cinetiche enzimatiche.</p> <p>Struttura e proprietà dei Lipidi di interesse biologico. Micelle e Liposomi.</p> <p>Membrane Biologiche. Proteine di Membrana.</p>
<b>Fisica dei Biosistemi</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>

<b>Spettroscopia Molecolare</b>	<p><i>Introduzione:</i> Elementi di base della spettroscopia sperimentale. Teoria classica dell'assorbimento della radiazione.</p> <p><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.</p> <p><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-Oppenhemeir. 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.</p> <p><i>Spettroscopia di Fluorescenza e Fosforescenza:</i> Proprietà degli stati eccitati. Meccanismi di decadimento. Struttura vibrazionale degli spettri di fluorescenza.; applicazioni</p>
---------------------------------	--

## Curriculum: Fisica della Materia

LAUREA MAGISTRALE							
	Tipo di attività	Sigla	Moduli	SSD	CFU	ESAMI	
1° Anno		CMQ	Complementi di Meccanica Quantistica	FIS/03	6	Scritto e Orale	
		CSM	Complementi di Struttura della Materia	FIS/01	6	Orale*	
	1b) Caratterizzanti	FST	Fisica Statistica	FIS/03	6	Orale*	
		TRE	Teoria della Relatività	FIS/02	4	Orale	
		FDU	Fisica dell'Universo	FIS/05	4	Orale	
		CFN	Complementi di Fisica Nucleare e delle Particelle	FIS/04	4	Orale	
		IND1	Labor. di Fisica della Materia I	FIS/01	6	Relaz ed orale	
		IND2	Labor. di Fisica della Materia II	FIS/01	6	Relaz ed orale	
		IND3	Fisica dello stato solido	FIS/03	6	Orale	
	5b) Affini	MET	Metodi matematici della Fisica	MAT/05	6	Scritto e Orale**	
		SNF	Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici	MAT/08	6		
		5a) A scelta studente					
		5c) Elaborato/Lin					
	5d) Altre attività						
	TOTALI				60		
2° Anno	1b) Caratterizzanti		Spettroscopia molecolare	FIS/07	6	Orale	
			Superconduttività	FIS/03	6	Orale	
	5b) Affini						
	5a) A scelta studente		S1		8		
	5c) Elaborato/Lin		Tesi di laurea		38		
	5d) Altre attività				2		
		TOTALI				60	
<b>GRAN TOTALE</b>					<b>120</b>		

Note:

\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica (Corso Integrato di Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica)**.

\*\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici (Corso Integrato di Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici)**.

I moduli di **Laboratorio di Fisica della Materia I e II** prevedono un unico esame (**Corso Integrato di Laboratorio di Fisica della Materia I e II**).

**Materie a scelta consigliate:**

Fisica dell'Informazione	4 CFU
Ottica Quantistica	4 CFU
Applicazioni di Relatività	4 CFU
Interazione radiazione-materia	4 CFU
Materie degli altri curricula	



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 C3 – Fisica della Materia).

Costituiscono insegnamenti i seguenti gruppi di moduli:

TABELLA C3 – FISICA DELLA MATERIA

<b>Laboratorio di Fisica della Materia I</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>Laboratorio di Fisica della Materia II</b>	<i>Introduzione alla spettroscopia di assorbimento e luminescenza.</i> Centri di colore nei solidi. Transizioni ottiche nei centri di colore. Forma spettrale di una banda, accoppiamento elettrone-fonone (fattore di <i>Huang-Rhys</i> ). Allargamento spettrale di una banda ottica: contributi omogenei e inhomogenei. Emissione radiattiva di luminescenza. Dipendenza dalla temperatura dell'efficienza di luminescenza. <i>Tecniche sperimentali nelle spettroscopie di assorbimento e luminescenza.</i> Schema e principio di funzionamento di uno spettrofotometro e di un spettrofluorimetro Sorgente di eccitazione (lampade a incandescenza, lampade a scarica, Laser); Elementi dispersivi (descrizione del reticolo, potere dispersivo e risolutivo); Rivelazione di luce (fotomoltiplicatori e Charge Coupled Device CCD) Esperienze di laboratorio.
<b>Fisica dello Stato Solido</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. Ferroelectrici. 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>Superconduttività</b>	Proprietà elettriche, magnetiche e termiche dei superconduttori di I e II tipo. Modelli fenomenologici e introduzione alla teoria microscopica della superconduttività. Interferenza quantistica ed effetti Josephson ac e dc. Risposta elettromagnetica e impedenza superficiale. Dinamica dei flussoni nei superconduttori nello stato misto.

<b>Spettroscopia Molecolare</b>	<p><i>Introduzione:</i> Elementi di base della spettroscopia sperimentale. Teoria classica dell'assorbimento della radiazione.</p> <p><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.</p> <p><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-Oppenhemeir. 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.</p> <p><i>Spettroscopia di Fluorescenza e Fosforescenza:</i> Proprietà degli stati eccitati. Meccanismi di decadimento. Struttura vibrazionale degli spettri di fluorescenza.; applicazioni</p>
---------------------------------	--

## Curriculum: Fisica Teorica

		LAUREA MAGISTRALE				
	Tipo di attività	Sigla	Moduli	SSD	CFU	ESAMI
1° Anno		CMQ	Complementi di Meccanica Quantistica	FIS/03	6	Scritto e Orale
		CSM	Complementi di Struttura della Materia	FIS/01	6	Orale*
	1b) Caratterizzanti	FST	Fisica Statistica	FIS/03	6	Orale*
		TRE	Teoria della Relatività	FIS/02	4	Orale
		FDU	Fisica dell'Universo	FIS/05	4	Orale
		CFN	Complementi di Fisica Nucleare e delle Particelle	FIS/04	4	Orale
		IND1	Meccanica Quantistica Avanzata I	FIS/02	6	Orale
		IND2	Meccanica Quantistica Avanzata II	FIS/02	6	Orale
		IND3	Ottica Quantistica	FIS/03	6	Orale
	5b) Affini	MET	Metodi matematici della Fisica	MAT/05	6	Scritto e Orale**
		SNF	Simulazioni Numeriche dei Processi Fisici	MAT/08	6	
	5a) A scelta studente					
	5c) Elaborato/Lin					
5d) Altre attività						
TOTALI					60	
2° Anno	1b) Caratterizzanti		Teoria dei Campi I	FIS/02	6	Orale
			Teoria dei Campi II	FIS/02	6	Orale
	5b) Affini					
	5a) A scelta studente		S1		8	
	5c) Elaborato/Lin		Tesi di laurea		38	
	5d) Altre attività				2	
	TOTALI					60
<b>GRAN TOTALE</b>					<b>120</b>	

Note:

\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica (Corso Integrato di Complementi di Struttura della Materia e Fisica Statistica)**.

\*\* E' previsto un unico esame comune per gli insegnamenti di **Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici (Corso Integrato di Metodi Matematici della Fisica e Simulazioni numeriche dei processi fisici)**.

I moduli di **Meccanica Quantistica Avanzata I e II** prevedono un unico esame (**Corso Integrato di Meccanica Quantistica Avanzata I e II**).

**Materie a scelta consigliate:**

Fisica dell'Informazione  
Teoria del Campo Gravitazionale  
Elettrodinamica Quantistica in Cavità  
Applicazioni di Relatività  
Materie degli altri curricula  
Laboratori degli altri curricula

I CFU relativi ai moduli didattici del curriculum Fisica Teorica 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 C4 – Fisica Teorica).

Costituiscono insegnamenti i seguenti gruppi di moduli:

TABELLA C4 – FISICA TEORICA

<b>Meccanica Quantistica Avanzata I</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>Meccanica Quantistica Avanzata II</b>	Campo scalare classico, Quantizzazione del campo scalare elastico, Fononi, Campo di Klein-Gordon, Mesoni, densità di particelle del campo, Campi a più componenti e isospin, Modello di Lee, Campo elettromagnetico, Gauge di Lorentz e di Coulomb, Seconda quantizzazione, Fotoni, Interazione atomo-fotone, Effetti di autoenergia, Lamb-shift, Campo di Dirac, Seconda quantizzazione, Elettroni e positoni, Elettrodinamica quantistica relativistica, Interazione relativistica elettrone-fotone, Annichilazione di coppie elettrone-positone, Diagrammi di Feynman, Propagatore elettronico.
<b>Teoria dei Campi I</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. Teoria dei campi e fenomeni collettivi (FT a temperatura finita, teoria di Landau Ginzburg, vortici, monopoli, istantoni).
<b>Teoria dei Campi II</b>	Simmetrie globali e locali. Rinormalizzabilità e gruppo di rinormalizzazione. Simmetria di gauge $SU(2) \times U(1)$ e la teoria elettrodebole. Rottura spontanea di simmetria. Meccanismo di Higgs. Simmetria di gauge $SU(3)$ e la cromodinamica quantistica. Running coupling constants e libertà asintotica. Il modello standard. Cenni sulle teorie supersimmetriche.
<b>Ottica Quantistica</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.