

Allegato B1 (a.a. 2018/19)

Descrizione del percorso di formazione:

Curricula e Piani di Studio

L'offerta didattica della Laurea Magistrale Interateneo in Fisica prevede 5 curricula con i relativi piani di studio. Tali piani di studio sono approvati d'ufficio. Tutti i curricula hanno in comune 4 insegnamenti obbligatori: Fisica della Materia Condensata I, Teoria dei Campi I, Simmetrie e Interazioni Fondamentali e Cosmologia I, tutti del primo anno.

In tutti i casi, curricula o piani individuali, il piano di studio dovrà contenere almeno un insegnamento del SSD FIS/03 e almeno un insegnamento del SSD FIS/04.

Nel seguito sono riportati:

1. La struttura dei Curricula previsti dall'offerta formativa con la ripartizione dei CFU per tipologia, ambito e Settore Scientifico-Disciplinare (SSD);
2. i Curricula con:
 - a. gli obiettivi formativi
 - b. una tabella per la predisposizione del piano di studi con le possibili scelte degli insegnamenti e la loro scansione temporale
 - c. eventuali indicazioni per i piani di studio approvati d'ufficio.

Sono possibili anche piani di studio individuali con altre scelte di insegnamenti che devono però comunque rispettare i limiti dei CFU dell'ordinamento del corso di laurea e devono essere approvati dalla Commissione Didattica.

1. Struttura dei curricula

I curricula hanno la suddivisione in numero di CFU per attività formative riportata nel seguito. Le tipologie di attività formative (**TAF**) previste sono:

- **caratterizzanti** o di tipologia **B**
- **affini** o di tipologia **C**
- **a scelta dello studente** o di tipologia **D**
- **per la prova finale** o di tipologia **E**
- **ulteriori attività** o di tipologia **F**

FISICA DELLA MATERIA

Tipologia	Ambito	SSD	CFU
B	Sperimentale applicativo	FIS/01, FIS/07	6
	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	6
	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03, FIS/04	24
	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05, FIS/06, GEO/10, GEO/12	6
C	Affini		18
D	A scelta dello studente		12
E	Prova finale		40
F	Tirocinio		5
F	Abilità informatiche e telematiche		3

FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE

Tipologia	Ambito	SSD	CFU
B	Sperimentale applicativo	FIS/01, FIS/07	12
	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	6
	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03, FIS/04	18
	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05, FIS/06, GEO/10, GEO/12	6
C	Affini		21
D	A scelta dello studente		12
E	Prova finale		40
F	Tirocinio		5

FISICA TEORICA

Tipologia	Ambito	SSD	CFU
B	Sperimentale applicativo	FIS/01, FIS/07	6
	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	18
	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03, FIS/04	12
	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05, FIS/06, GEO/10, GEO/12	6

C	Affini		18
D	A scelta dello studente		12
E	Prova finale		40
F	Tirocinio		5
F	Abilità informatiche e telematiche		3

FISICA TERRESTRE, DELL'AMBIENTE E INTERDISCIPLINARE

Tipologia	Ambito	SSD	CFU
B	Sperimentale applicativo	FIS/01, FIS/07	12
	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	6
	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03, FIS/04	12
	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05, FIS/06, GEO/10, GEO/12	12
C	Affini		18
D	A scelta dello studente		12
E	Prova finale		40
F	Tirocinio		5
F	Abilità informatiche e telematiche		3

ASTROFISICA E COSMOLOGIA

Tipologia	Ambito	SSD	CFU
B	Sperimentale applicativo	FIS/01, FIS/07	6
	Teorico e dei fondamenti della fisica	FIS/02	6
	Microfisico e della struttura della materia	FIS/03, FIS/04	12
	Astrofisico, geofisico e spaziale	FIS/05, FIS/06, GEO/10, GEO/12	18
C	Affini		18
D	A scelta dello studente		12
E	Prova finale		40
F	Tirocinio		5
F	Abilità informatiche e telematiche		3

2. Curricula e Piani di Studio

2.1 Curriculum Fisica della Materia

Obiettivi Formativi

Il Curriculum Fisica della Materia ha il fine di formare laureati in possesso di:

- una solida preparazione culturale nella fisica della materia sperimentale e/o teorica;
- un'approfondita conoscenza delle moderne strumentazioni di misura e delle tecniche di analisi dei dati;
- un'approfondita conoscenza di strumenti matematici e informatici di supporto;
- un'elevata preparazione scientifica e operativa nelle discipline che caratterizzano l'indirizzo;
- grande familiarità con la strumentazione e le tecniche di laboratorio e/o con tecniche numeriche;
- capacità di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, la lingua inglese, oltre all'Italiano, ed eventualmente un'altra lingua dell'Unione Europea, con riferimento anche ai lessici disciplinari;
- capacità di lavorare con ampia autonomia, anche assumendo responsabilità di progetti e strutture;
- capacità di utilizzare le conoscenze specifiche acquisite per la modellizzazione di sistemi fisici complessi e nei campi delle scienze applicate.

I laureati magistrali in Fisica della materia svolgeranno attività nei seguenti campi: promozione e sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica, nonché gestione e progettazione delle tecnologie in ambiti correlati con le discipline di fisica della materia, nei settori dell'industria, dell'ambiente, della sanità, dei beni culturali e della pubblica amministrazione; la divulgazione ad alto livello della cultura scientifica con particolare riferimento agli aspetti teorici, sperimentali e applicativi della fisica della materia. Disporranno di un'ottima preparazione per affrontare un dottorato di ricerca sia in Italia che all'estero.

Piano di studi approvato d'ufficio

Fisica della Materia – Insegnamenti							
I ANNO							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Fisica della Materia Condensata I	FIS/03	B	6	Fisica della Materia Condensata II	FIS/03	B	6
Affine 1: Applicazioni della radiazione di Sincrotrone <i>oppure</i> Simulazioni classiche di sistemi a molti corpi	FIS/03	C	6	Laboratorio di Fisica della Materia <i>Oppure</i> Laboratorio di Fisica Computazionale	FIS/01	B	6
Laboratorio di Fisica dello stato Solido	FIS/03	B	6	Cosmologia I	FIS/05	B	6
Teoria dei Campi I	FIS/02	B	6	Affine 2: Metodi Numerici per la Meccanica Quantistica <i>oppure</i>	FIS/03	C	6

				Fondamenti di Fisica delle Superfici			
Simmetrie e interazioni Fondamentali	FIS/04	B	6	Insegnamento a Scelta 1: Geometria e Topologia in Struttura elettronica <i>oppure</i> Nanostrutture		D	6
Totale crediti del I anno							60
II ANNO							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Affine 3: Fenomeni Critici <i>oppure</i> Dinamica di sistemi quantistici	FIS/03	C	6	Tesi		E	30
Insegnamento a Scelta 2: Simmetrie in materia condensata <i>oppure</i> Fotonica		D	6				
Abilità informatiche e telematiche		F	3				
Tirocinio		F	5				
Tesi		E	10				
Totale crediti del II anno							60

Insegnamenti Affini – Offerta interna al Curriculum (tutti da 6 CFU)

- Insegnamento Affine 1: Applicazioni della radiazione di Sincrotrone (FIS/03); Simulazioni classiche di sistemi a molti corpi (FIS/03)
- Insegnamento Affine 2: Metodi Numerici per la Meccanica Quantistica (FIS/03); Fondamenti di Fisica delle Superfici (FIS/03)
- Insegnamento Affine 3: Fenomeni Critici (FIS/03); Dinamica dei sistemi quantistici (6 CFU) (FIS/03)

Insegnamenti a Scelta - Offerta interna al Curriculum (tutti da 6 CFU):

- Insegnamento a Scelta 1: Geometria e topologia in Struttura elettronica (FIS/03); Nanostrutture (FIS/03)
- Insegnamento a Scelta 2: Simmetrie in materia condensata (FIS/03); Fotonica (FIS/03)

Nota: Per gli insegnamenti “Offerta interna al Curriculum” si garantisce la non sovrapposizione degli orari e l’approvazione d’ufficio del piano di studi, ma sono possibili anche altre scelte, purchè coerenti con il percorso formativo.

2.2 Curriculum Fisica Nucleare e Subnucleare

Obiettivi Formativi

Il Curriculum Fisica Nucleare e Subnucleare ha il fine di formare laureati in possesso di:

- una solida preparazione culturale nella fisica nucleare e subnucleare teorico-fenomenologica e/o sperimentale-applicativa;
- un'approfondita conoscenza delle moderne strumentazioni di misura e delle tecniche di analisi dei dati;
- un'approfondita conoscenza di strumenti matematici e informatici di supporto;
- un'elevata preparazione scientifica e operativa nelle discipline che caratterizzano l'indirizzo;
- grande familiarità con la strumentazione e le tecniche di laboratorio;
- capacità di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, la lingua inglese, oltre all'Italiano, ed eventualmente un'altra lingua dell'Unione Europea, con riferimento anche ai lessici disciplinari;
- un'elevata capacità sia di lavorare con ampia autonomia che di partecipare a collaborazioni scientifiche allargate all'ambito nazionale e internazionale, anche assumendo responsabilità di progetti e strutture;
- capacità di utilizzare le conoscenze specifiche acquisite per la modellizzazione di sistemi fisici complessi e nei campi delle scienze applicate.

I laureati magistrali in Fisica Nucleare e Subnucleare saranno in possesso di una preparazione atta a svolgere attività nei seguenti campi: promozione e sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica, nonché la gestione e progettazione delle tecnologie in ambiti correlati con le discipline fisiche nucleari e subnucleari, nei settori dell'industria, dell'ambiente, della sanità, dei beni culturali e della pubblica amministrazione; la divulgazione ad alto livello della cultura scientifica con particolare riferimento agli aspetti sperimentali e applicativi della fisica nucleare e subnucleare. Disporranno inoltre di un'ottima preparazione per affrontare un dottorato di ricerca sia in Italia che all'estero.

Fisica Nucleare e Subnucleare – Insegnamenti							
I ANNO							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Teoria dei Campi I	FIS/02	B	6	Caratteristiche generali dei Rivelatori	FIS/01	B	6
Simmetrie e interazioni fondamentali	FIS/04	B	6	Laboratorio Acquisizione e controllo Dati	FIS/01	B	6
Fisica della Materia Condensata I	FIS/03	B	6	Fisica Nucleare	FIS/04	B	6
Affine 1: Statistica avanzata per l'analisi dei dati	FIS/01	C	6	Affine 2: Modello standard delle interazioni fondamentali	FIS/02	C	6

<i>oppure</i> Metodi di immagine in fisica medica	FIS/07			<i>oppure</i> Laboratorio di Fisica medica	FIS/07		
				Cosmologia I	FIS/05	B	6
Insegnamento a scelta						D	6
Totale crediti del I anno							60
II ANNO							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Affine 3: Laboratorio di Fisica Nucleare e subnucleare	FIS/04	C	9	Tesi		E	30
Insegnamento a scelta		D	6				
Tirocinio		F	5				
Tesi		E	10				
Totale crediti del II anno							60

Piano di studi approvato d'ufficio:

- Affine 1: Metodi di immagine in fisica medica
- Affine 2: Laboratorio di Fisica medica
- Affine 3: Laboratorio di Fisica Nucleare e subnucleare

Oppure

- Affine 1: Statistica avanzata per l'analisi dei dati
- Affine 2: Modello standard delle interazioni fondamentali
- Affine 3: Laboratorio di Fisica Nucleare e subnucleare

Insegnamenti a scelta

Offerta interna al Curriculum:

- Fisica sperimentale nucleare e subnucleare (FIS/04)
- Astrofisica delle alte energie (FIS/04)
- Introduzione alla biofisica (FIS/07)
- Programmazione C++ per la fisica (INF/01)
- Astrofisica nucleare e subnucleare (FIS/04)
- Fisica della Radioterapia (FIS/04)

Offerta da altri Curricula:

- Dinamica delle interazioni elettrodeboli e forti (FIS/02), I Semestre II anno

Nota: Per gli insegnamenti “Offerta interna al Curriculum” si garantisce la non sovrapposizione degli orari e l’approvazione d’ufficio del piano di studi, ma sono possibili anche altre scelte, purchè coerenti con il percorso formativo.

2.3 Curriculum Fisica Teorica

Obiettivi Formativi

Il Curriculum Fisica Teorica ha il fine di formare laureati in possesso di:

- una visione d'insieme delle attuali problematiche di frontiera in vari settori della ricerca in fisica teorica, dalle particelle elementari ai sistemi complessi, dalle nuove frontiere della fisica quantistica agli sviluppi più recenti in teorie della gravitazione;
- un'elevata capacità di padroneggiare formulazioni teoriche astratte e di produrre modellizzazioni concrete di sistemi fisici;
- una solida conoscenza di metodi matematici avanzati e di strumenti matematici di supporto;
- un'elevata preparazione scientifica e operativa nelle discipline che caratterizzano l'indirizzo;
- un'adeguata conoscenza delle moderne strumentazioni di misura e delle tecniche di analisi dati;
- capacità di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, la lingua inglese, oltre all'Italiano, ed eventualmente un'altra lingua dell'Unione Europea, con riferimento anche ai lessici disciplinari;
- una buona capacità di affrontare problemi di natura nuova e di proporre soluzioni;
- un'elevata capacità di lavorare in autonomia e di partecipare a collaborazioni scientifiche allargate all'ambito nazionale e internazionale.

Coloro che conseguiranno la laurea magistrale in Fisica Teorica saranno preparati a svolgere attività di alto livello quali ricerca e sviluppo nel settore pubblico e privato su temi che vanno dalla fisica fondamentale ai sistemi complessi. Potranno anche trovare occupazione nel crescente settore della divulgazione della cultura scientifica e nel trasferimento di conoscenze avanzate. Avranno inoltre una solida preparazione per affrontare un dottorato di ricerca sia in Italia che all'estero.

Fisica Teorica – Insegnamenti							
I ANNO							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Teoria dei Campi I	FIS/02	B	6	Teoria dei Campi II	FIS/02	B	6
Fisica della Materia Condensata I	FIS/03	B	6	Cosmologia I	FIS/05	B	6
Simmetrie e interazioni fondamentali	FIS/04	B	6	Laboratorio di Fisica Computazionale <i>oppure</i> Laboratorio di Fisica della Materia <i>oppure</i>	FIS/01	B	6

				Laboratorio Acquisizione e Controllo dati			
Insegnamento Affine		C	6	Meccanica Statistica	FIS/02	B	6
Insegnamento Affine		C	6				
Insegnamento a scelta						D	6
Totale crediti del I anno							60
II ANNO							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Insegnamento a scelta		D	6	Tesi		E	30
Insegnamento Affine		C	6				
Tirocinio		F	5				
Abilità informatiche e telematiche		F	3				
Tesi		E	10				
Totale crediti del II anno							60

Laboratorio a scelta tra: Laboratorio Acquisizione e Controllo Dati (FIS/01), o Laboratorio di Fisica della Materia (FIS/01), o Laboratorio di Fisica Computazionale (FIS/01)

Piano di studi approvato d'ufficio:

- Insegnamenti affini scelti tra quelli dell' "Offerta interna al Curriculum"

Insegnamenti affini :

Offerta interna al Curriculum:

- Meccanica Quantistica Avanzata (FIS/02)
- Relatività Generale I (FIS/02)
- Relatività Generale II (FIS/02)
- Applicazioni della Teoria dei Gruppi alla Fisica (FIS/02)
- Dinamica delle interazioni elettrodeboli e forti (FIS/02)
- Introduzione all'Informazione Quantistica (FIS/02)
- Modello standard delle interazioni fondamentali (FIS/02)
- Fenomeni Critici (FIS/03)
- Geometria e Topologia in Struttura Elettronica (FIS/03)

Offerta da altri Curricula:

- Metodi Numerici per la Meccanica Quantistica (FIS/03)
- Statistica Avanzata per l'Analisi dei Dati (FIS/01)

NOTE:

- Per gli insegnamenti “**Offerta interna al Curriculum**” si garantisce la non sovrapposizione con altri insegnamenti del curriculum.
- **Gli insegnamenti del paniere “Insegnamenti affini” possono eventualmente concorrere a costituire l’insegnamento a scelta (che può essere costituito anche da più insegnamenti, contando peraltro sempre come esame unico ai fini delle regole).**

2.4 Curriculum Fisica Terrestre, dell’Ambiente e Interdisciplinare

Obiettivi Formativi

Il Curriculum Fisica Terrestre e dell'Ambiente ha il fine di formare laureati in possesso di:

- una solida preparazione culturale nella fisica terrestre e ambientale teorico-fenomenologica e/o sperimentale-applicativa;
- un'approfondita conoscenza delle moderne strumentazioni di misura e delle tecniche di analisi dei dati;
- un'approfondita conoscenza di strumenti matematici e informatici di supporto;
- un'elevata preparazione scientifica e operativa nelle discipline che caratterizzano l'indirizzo;
- grande familiarità con la strumentazione e le tecniche di laboratorio;
- capacità di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, la lingua inglese, oltre all'Italiano, ed eventualmente un'altra lingua dell'Unione Europea, con riferimento anche ai lessici disciplinari;
- un'elevata capacità di lavorare con ampia autonomia, anche assumendo responsabilità di progetti e strutture;
- conoscenze specifiche acquisite per la modellizzazione di sistemi fisici complessi e nei campi delle scienze applicate con particolare attenzione alla fisica terrestre e dell'ambiente.

I laureati magistrali in Fisica Terrestre e dell'Ambiente svolgeranno attività nei seguenti campi: promozione e sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica, nonché la gestione e progettazione delle tecnologie in ambiti correlati con le discipline fisiche terrestri e dell'ambiente, e del mezzo circumterrestre, nei settori dell'industria, della sanità, dei beni culturali e della pubblica amministrazione; la divulgazione ad alto livello della cultura scientifica con particolare riferimento agli aspetti sperimentali e applicativi della fisica terrestre e dell'ambiente (e.g. la gestione dei rischi naturali). Avranno inoltre un'ottima preparazione per affrontare un dottorato di ricerca sia in Italia che all'estero.

Fisica Terrestre, dell’Ambiente e Interdisciplinare – Insegnamenti							
I ANNO							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Teoria dei campi I	FIS/02	B	6	Affine 3: Fisica dell’Atmosfera	FIS/06	C	6
Fisica della Materia Condensata I	FIS/03	B	6	Laboratorio di Fisica Computazionale	FIS/01	B	6

Simmetrie e interazioni fondamentali	FIS/04	B	6	Cosmologia I	FIS/05	B	6
Affine 1: Metodi di potenziale	GEO/10	C	6	Sismologia (mutuato da DMG)	GEO/10	B	6
Affine 2: Fluidodinamica	ICAR/01	C	6	Insegnamento a scelta (es. Oceanografia)		D	6
Totale crediti del I anno							60
II ANNO							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Rischio sismico e vulcanico	FIS/07	B	6	Tesi		E	30
Insegnamento a scelta		D	6				
Abilità informatiche e telematiche		F	3				
Tirocinio		F	5				
Tesi		E	10				
Totale crediti del II anno							60

Piano di studi approvato d'ufficio:

Insegnamenti affini:

Offerta interna al Curriculum:

- Affine 1: Metodi di potenziale (GEO/10)
- Affine 2: Fluidodinamica (ICAR/01)
- Affine 3: Fisica dell'Atmosfera (FIS/06)

Insegnamenti a scelta :

Offerta interna al Curriculum:

- Fisica dello strato limite atmosferico (FIS/06)
- Biofisica sperimentale (FIS/07)

Offerta da altri Curricula e da altri Corsi di Laurea:

- Meteorologia e Climatologia dello Spazio (FIS/05)
- Laboratorio di Astrofisica Spaziale (FIS/01)
- Oceanografia (GEO/12)
- Introduzione alla biofisica (FIS/07)

2.5 Curriculum Astrofisica e Cosmologia

Obiettivi Formativi

Il Curriculum Astrofisica e Cosmologia ha il fine di formare laureati in possesso di:

- un'ottima padronanza del metodo scientifico di indagine;
- una solida cultura di base nella fisica classica e moderna;
- un'approfondita preparazione nell'astrofisica e cosmologie moderne;
- un'avanzata conoscenza delle moderne strumentazioni di osservazione e di raccolta di dati, e delle relative tecniche di analisi;
- un'approfondita conoscenza di strumenti matematici e informatici di supporto;
- un'elevata capacità operativa e scientifica nelle discipline che caratterizzano il settore;
- capacità di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, la lingua inglese, oltre all'Italiano, ed eventualmente un'altra lingua dell'Unione Europea, con riferimento anche ai lessici disciplinari;
- un'ampia autonomia nel lavoro, che li metta in grado anche di assumere responsabilità di progetti e strutture;
- capacità di utilizzare le conoscenze specifiche acquisite per la modellizzazione di sistemi fisici complessi e nei campi delle scienze applicate.

La preparazione fornita sarà tale da permettere allo studente la prosecuzione del percorso formativo in un Dottorato di Ricerca in Fisica, Astronomia o in disciplina affine, in vista di un possibile inserimento nel mondo della ricerca fondamentale nell'Università o negli Enti di Ricerca. Più in generale, tale preparazione permetterà allo studente l'inserimento in attività lavorative nel mondo dell'industria e del terziario che richiedano competenze di livello elevato, ampia autonomia e capacità di coordinamento. Tra le attività che i laureati specialisti del settore potranno svolgere si indicano in particolare:

- promozione e sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica nel campo astrofisico, cosmologico e spaziale, nonché gestione e progettazione delle relative tecnologie;
- progettazione in ambiti correlati con le discipline astrofisiche, cosmologiche e spaziali nei settori dell'industria, dell'ambiente, dei beni culturali e della pubblica amministrazione;
- divulgazione astronomico - astrofisica di alto livello, nonché organizzazione e gestione di progetti divulgativi e di diffusione della cultura scientifica.

Astrofisica e Cosmologia - Insegnamenti							
I ANNO							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Astrofisica delle galassie	FIS/05	B	6	Cosmologia I	FIS/05	B	6
Teoria dei Campi I	FIS/02	B	6	Laboratorio di Tecnologie Astronomiche	FIS/05	B	6
Fisica della Materia Condensata I	FIS/03	B	6	Affine 2: Evoluzione di stelle e Galassie	FIS/05	C	6

Simmetrie e interazioni fondamentali	FIS/04	B	6	Insegnamento a scelta		D	6
Affine 1: Astrofisica stellare	FIS/05	C	6	Insegnamento a scelta		D	6
Totale crediti del I anno							60
II ANNO sarà attuato nell'a.a. 2017/2018.							
I Semestre							
I Semestre	SSD	TAF	CFU	II Semestre	SSD	TAF	CFU
Laboratorio di Astrofisica Spaziale	FIS/01	B	6	Tesi		E	30
Affine 3: Cosmologia II	FIS/05	C	6				
Abilità informatiche e telematiche		F	3				
Tirocinio		F	5				
Tesi		E	10				
Totale crediti del II anno							60

Piano di studi approvato d'ufficio:

Insegnamenti affini:

Offerta interna al Curriculum:

- Affine 1: Astrofisica stellare (FIS/05)
- Affine 2: Evoluzione di stelle e galassie (FIS/05)
- Affine 3: Cosmologia II (FIS/05)

Insegnamenti a Scelta:

Offerta interna al Curriculum:

- Processi radiativi (FIS/05)
- Pianeti e Astrobiologia (FIS/05)
- Meteorologia e Climatologia dello Spazio (FIS/05)

Offerta esterna al Curriculum:

- Relatività Generale I (FIS/02)

ALLEGATO B2 al Regolamento _ a.a. 2018-19

**Elenco degli insegnamenti con Settori Scientifico Disciplinari (SSD),
Obiettivi formativi specifici e propedeuticità**

Le tipologie di attività didattica sono: lezioni d'aula (A), esercitazioni d'aula (E), esercitazioni di laboratorio (L).

DM 270/04, art. 12.2.b-c

<i>Attività Formativa</i>	Fisica della Materia Condensata I
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	997SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende fornire i concetti teorici fondamentali per capire il comportamento degli elettroni nei cristalli e gli strumenti di base per trattarli, sia in problemi risolvibili con metodi classici che in quelli che richiedono un trattamento quantistico. Principali argomenti: modelli per elettroni liberi non interagenti. Reticoli e strutture cristalline. Elettroni indipendenti in un potenziale periodico (elettroni di Bloch) e bande di energia. Semiconduttori. Magnetismo.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Fisica dello Stato Solido
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	681SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	Conoscenza di alcuni metodi sperimentali e di alcuni strumenti attualmente usati nel campo della ricerca fisica. Esempi di esperimenti che si possono eseguire durante il corso: fotoluminescenza di pozzi quantici, misura di proprietà elettroniche, ottiche e di trasporto di sistemi a confinamento quantistico, spettroscopia elettronica con risoluzione sub-nanometrica.

<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica della Materia Condensata II
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	967SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende fornire tecniche teoriche per trattare gli effetti delle interazioni in sistemi a molti corpi. Tra le altre saranno considerate applicazioni a problemi quali risposta lineare e schermo dielettrico in un sistema di cariche mobili, sistemi di elettroni, sistemi di elettroni e fononi, superconduttività.
<i>Propedeuticità</i>	Fisica della Materia Condensata I
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Dinamica dei sistemi quantistici
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	680SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	A complemento di quanto viene trattato negli insegnamenti caratterizzanti obbligatori di meccanica quantistica (principalmente stati stazionari) il presente insegnamento intende coprire un argomento di particolare interesse per la fisica della materia condensata, ma anche più trasversale, quale l'evoluzione di sistemi con Hamiltoniani dipendenti dal tempo (approssimazione adiabatica, impulsiva...).
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Simmetrie in materia condensata
---------------------------	----------------------------------------

<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende coprire un argomento di complementi di meccanica quantistica di particolare interesse per la fisica della materia condensata, ma anche più trasversale, quale i gruppi finiti di simmetria e loro rappresentazioni irriducibili, con applicazioni ai sistemi quantistici
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Fisica della Materia
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	994SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Conoscenza delle più diffuse tecniche sperimentali per lo studio delle proprietà geometriche ed elettroniche delle superfici dei solidi. Nelle esercitazioni: preparazione e caratterizzazione di superfici di metalli di transizione.</p> <p>Obiettivi: (i) introdurre gli studenti alla strumentazione scientifica utilizzata in condizioni di ultra alto vuoto, (ii) sviluppare capacità di analisi critica nella misura di grandezze fisiche rilevanti nel campo della fisica della materia condensata e (iii) migliorare le competenze per l'analisi dei dati raccolti.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Geometria e Topologia in Struttura elettronica
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	759SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)

<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende coprire la geometria della meccanica quantistica non relativistica, negli aspetti che riguardano la fisica molecolare e degli stati condensati. L'obiettivo è dare una visione d'insieme di fenomeni apparentemente molto diversi, ma nei quali gli aspetti geometrici e topologici sono dominanti. Argomenti trattati: Effetto Aharonov-Bohm, intersezioni coniche nelle molecole, fasi di Berry, effetto Hall quantizzato, trasporto semiclassico, teorie moderne della polarizzazione e della magnetizzazione orbitale, metrica quantistica e localizzazione elettronica, isolanti topologici.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Fisica Computazionale
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	993SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	Il corso intende far conoscere allo studente alcuni algoritmi numerici fondamentali, principalmente nell'ambito di metodi stocastici, e fornire gli strumenti di base per applicarli in codici numerici per risolvere problemi di fisica classica e semplici problemi di fisica quantistica.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fondamenti di Fisica delle Superfici
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	995SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento, incentrato sulla descrizione dei principali fenomeni fisici caratteristici delle superfici dei solidi e delle tecniche sperimentali comunemente utilizzate per il loro studio, si prefigge l'obiettivo di far acquisire agli studenti la conoscenza delle più importanti proprietà fisico/chimiche delle superfici di metalli e semiconduttori. L'insegnamento si propone inoltre di sviluppare capacità di analisi delle relazioni tra struttura geometrica, struttura elettronica e proprietà chimiche di superfici

	pulite o ricoperte da adsorbati.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Metodi Numerici per la Meccanica Quantistica
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	827SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento fornisce un'introduzione a metodi e tecniche numeriche utili per la risoluzione numerica di problemi quantomeccanici, specialmente in fisica atomica e della materia condensata. Lo scopo dell'insegnamento è eminentemente pratico: si vuole fornire allo studente la capacità di affrontare i problemi complessi di domani tramite la soluzione pratica di problemi semplici, scelti fra quelli che meglio introducono alle tecniche moderne di simulazione. Introduzione di concetti quali stabilità, accuratezza numerica, complessità degli algoritmi, convergenza dei risultati rispetto ai vari parametri del calcolo mediante esempi concreti. Alcuni metodi e tecniche più usate nelle simulazioni quantistiche.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Applicazioni della Radiazione di Sincrotrone
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	992SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Conoscenza dei meccanismi di interazione dei raggi X e dei raggi ultravioletti con la materia; conoscenza delle proprietà della luce di sincrotrone e della strumentazione necessaria a generarla; conoscenza della struttura di una sorgente di luce di sincrotrone e di una linea di luce; conoscenza delle principali tecniche di indagine sperimentale con luce di sincrotrone (microscopie, spettroscopie, tecniche di immagine e

	litografiche).
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fenomeni Critici
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	820SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Conoscenza degli aspetti più importanti della fenomenologia dei fenomeni critici e della loro descrizione teorica termodinamico-statistica. Capacità di utilizzare, a livello di base, teorie rilevanti alla descrizione di transizioni di fase e fenomeni critici e di comprendere la letteratura recente sull'argomento.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Simulazioni classiche di sistemi a molti corpi
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	771SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento si propone di fornire concetti e metodi necessari, dagli algoritmi alle tecniche di analisi dei dati, per la simulazione dinamica di sistemi a molti corpi governati dalla meccanica classica. Interesse particolare, ma non esclusivo, viene dato alle simulazioni atomistiche. Lo scopo è di mettere lo studente di condurre autonomamente una simulazione, inclusa la scrittura o la modifica del software necessario.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fotonica
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'obiettivo principale di questo corso è quello di consentire agli studenti di capire: (1) come la luce si propaga nei mezzi lineari, (2) cos'è l'ottica di Fourier e come funziona, (3) il principio di funzionamento dei risonatori ottici, (4) perché e come la luce dei laser è diversa dalla luce termica (normale), (5) come la luce laser può essere manipolata, (6) come la luce si propaga in mezzi anisotropi, (7) principi di ottiche non lineari (NLO) e applicazioni.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Simmetrie e interazioni fondamentali
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	618SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Conoscenza degli elementi di base della fisica subnucleare, con particolare attenzione alle proprietà statiche del modello a quark
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Bachelor degree in Physics
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica Nucleare
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	989SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)

<i>Obiettivi specifici</i>	Acquisire la conoscenza delle più significative proprietà statiche dei nuclei e dei principali meccanismi dei processi di decadimento nucleare
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Modello standard delle interazioni fondamentali
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	616SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Competenze: alla fine del corso lo studente avrà familiarità con le principali proprietà delle interazioni elettro-deboli e forti, saprà riconoscerne i processi più importanti e calcolare le sezioni d'urto corrispondenti, per mezzo dell'espansione perturbativa della teoria dei campi (diagrammi di Feynman).</p> <p>Contenuti: si spiegherà come procedere dai dati osservativi negli acceleratori e in altri esperimenti ad alte energie, alla definizione e costruzione della lagrangiana del modello standard e viceversa; come dal modello standard si calcolano le sezioni d'urto e i decadimenti più comuni, usando l'espansione perturbativa della teoria quantistica dei campi.</p>
<i>Propedeuticità</i>	Simmetrie e interazioni fondamentali
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Statistica avanzata per l'analisi dati
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	988SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Alla fine del corso gli studenti sapranno costruire e manipolare modelli probabilistici. Gli studenti conosceranno inoltre - teoricamente e operativamente - i metodi fondamentali di inferenza statistica, con particolare riferimento ai problemi di analisi dati della Fisica. Distribuzioni fondamentali, likelihood, procedure parametriche di vario tipo, errori delle stime. Esempi vari di analisi statistica dei dati trattati da esperimenti attuali.

<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Metodi di immagine in Fisica Medica
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	987SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Conoscenza approfondita dei principi fisici dei metodi di imaging diagnostico: radiologia con raggi X, imaging di risonanza magnetica nucleare, imaging con radionuclidi (medicina nucleare). Cenni su ultrasuoni.</p> <p>Conoscenza degli sviluppi più recenti di queste tecnologie nella pratica clinica.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Caratteristiche generali dei Rivelatori
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	981SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>L'obiettivo dell'insegnamento è l'apprendimento delle leggi fisiche che regolano l'interazione della radiazione carica e neutra con la materia, le proprietà generali dei rivelatori e lo studio dei principali rivelatori di energia e posizione.</p> <p>Al termine del corso lo studente dev'essere in grado di progettare un apparato sperimentale per la rivelazione di specifiche particelle ed energie.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio Acquisizione e controllo Dati
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	986SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	Elettronica modulare per l'acquisizione ed il controllo dei dati, software per l'acquisizione e l'analisi dati, misure di tempi di volo e di carica con TDC ed ADC
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Dinamica delle interazioni elettrodeboli e forti
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Lo scopo dell'insegnamento è fornire allo studente la derivazione della Teoria Standard delle interazioni fondamentali: i) proprietà generali delle teorie di gauge e della rottura spontanea; ii) Cromodinamica quantistica, accoppiamento "running", libertà asintotica, modello a partoni, violazione dell'invarianza di scala, reazioni adroniche ad alti p_T ; iii) Modello Standard delle interazioni elettrodeboli, accoppiamenti fondamentali.
<i>Propedeuticità</i>	Modello standard delle interazioni fondamentali
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Fisica Medica
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	828SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	Acquisizione delle competenze di base nell'utilizzo di un tubo radiologico e dei comuni sistemi di dosimetria per la radiologia. Competenze nelle tecniche di caratterizzazione dei sistemi radiologici e

	conoscenza dei principi di base dei controlli di qualità dei sistemi stessi. Introduzione alle moderne apparecchiature di imaging e di radioterapia, con visite ed esercitazioni presso le unità cliniche. Introduzione all'uso delle simulazioni di Monte Carlo in fisica medica
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	9
<i>Codice</i>	819SM
<i>Tipologia Didattica</i>	108 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	La finalità dell'insegnamento è l'apprendimento delle moderne tecniche sperimentali in uso nella fisica nucleare e subnucleare. In particolare lo studente apprende a condurre esperimenti di rivelazione di particelle, dalla fase di progettazione a quelle di realizzazione, acquisizione dati e analisi degli stessi.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Laboratorio Acquisizione e Controllo Dati
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica sperimentale nucleare e subnucleare
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	818SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento introduce alle tematiche sperimentali della fisica nucleare e subnucleare delle alte energie. Vi si discutono in particolare alcune problematiche di misura ed analisi specifiche del sopracitato ambito con lo scopo di fornire conoscenze utili alla progettazione di un esperimento e alla comprensione dei suoi risultati.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Introduzione alla biofisica
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	3
<i>Codice</i>	757SM
<i>Tipologia Didattica</i>	24 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Questo insegnamento è un'introduzione ad alcuni importanti aspetti della biologia, in cui la modellizzazione e l'indagine di tipo fisico hanno o hanno avuto un ruolo importante. Gli argomenti proposti sono selezionati tra i molti possibili, e tra questi l'insegnamento include: il codice genetico e la struttura del DNA; la cinetica chimica; la struttura delle proteine; l'equazione di Michaelis-Menten; l'elettrostatica delle proteine; il protein-folding; le proteine idratate come sistemi vetrosi; la biomeccanica delle cellule; il bilancio energetico delle cellule; la dinamica delle popolazioni cellulari; gli aspetti termodinamici e meccanico-statistici delle cellule e degli organismi multicellulari; le leggi di scala; una breve introduzione ai temi della Biofisica Computazionale e della Bioinformatica.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Astrofisica Nucleare e Subnucleare
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	984SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Fisica delle astroparticelle nell'evoluzione dell'universo. Radiazione cosmica di fondo. Radiazione, materia, materia oscura ed energia oscura. Aspetti teorici, osservativi e sperimentali delle astroparticelle. Raggi cosmici nello spazio e nell'atmosfera. Muoni. Raggi gamma. Neutrini. Antiparticelle. Rivelazione. Propagazione. Accelerazione. Generazione. Sorgenti astrofisiche puntiformi. Astronomia gamma e astronomia neutrinica. Neutrini da collassi stellari gravitazionali. Materia oscura. Fiotti di raggi gamma di origine cosmologica. La regione delle energie estremamente elevate.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Astrofisica delle Alte Energie
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	772SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Introduzione dello stato dell'arte nel campo della fisica astro-particellare. Metodologie e Strumenti di analisi.</p> <p>Contenuti: strumenti e risultati di frontiera nel campo dell'astrofisica delle particelle alle altissime energie, in particolare per quanto riguarda la radiazione cosmica costituita da nucleoni, fotoni e neutrini; possibilità future legate agli strumenti per la rivelazione di onde gravitazionali. Indagine sul legame tra questi studi e la fisica fondamentale (verifiche in condizioni estreme delle simmetrie della natura e ricerca di nuova fisica in condizioni inaccessibili in laboratorio).</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Programmazione C++ per la Fisica
<i>SSD</i>	INF/01
<i>CFU</i>	3
<i>Codice</i>	739SM
<i>Tipologia Didattica</i>	36 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Fornire la conoscenza su come il C++ sia utilizzato nel campo della fisica ed essere in grado di scrivere e utilizzare semplici programmi di analisi dati.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Meccanica Quantistica Avanzata
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	999SM

<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Scopo dell'insegnamento è fornire gli strumenti moderni per lo studio di fenomeni complessi in meccanica quantistica, in particolare quei fenomeni all'interfaccia tra classico e quantistico. L'insegnamento si divide in due parti, una relativa all'analisi dei sistemi quantistici aperti (formalismo della matrice densità, la matrice densità ridotta, l'equazione di Joos-Zeh e Caldeira-Leggett, il Quantum Brownian Motion) e la seconda relativa ai processi stocastici (teoria della misura: breve introduzione e teoremi fondamentali, teoria della probabilità, variabili random: definizione e proprietà, processi stocastici: definizioni ed esempi, processi di Markov, il processo di Wiener, la connessione con i path-integrals, l'integrale stocastico).
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Relatività Generale I
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	825SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Acquisire una padronanza dei principi fondamentali di teorie covarianti generali e delle tecniche necessarie all'applicazione di questi concetti alla teoria del campo gravitazionale così come è stata sviluppata da Einstein. Trasformazioni di Lorentz, relatività speciale. Concetti fondamentali di geometria differenziale; calcolo ed analisi tensoriale in spazi di Riemann. Equazioni di campo gravitazionale in relatività. Principali applicazioni delle relatività generale.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Teoria dei Campi I
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	760SM

<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Acquisire padronanza sui principi fondamentali di teorie covarianti e delle tecniche per l'applicazione dei relativi concetti alla teoria del campo gravitazionale sviluppata da Einstein. Introduzione alla teoria dei campi classica.</p> <p>Non-relativistic QFT (Eq. di Schroedinger in seconda quantizzazione)</p> <p>Seconda quantizzazione dell'equazione di Klein-Gordon (campo neutro e campo carico)</p> <p>Equazione di Dirac, matrici di Dirac e notazione</p> <p>Seconda quantizzazione dell'equazione di Dirac + teorema di spin-statistica</p> <p>Seconda quantizzazione del campo elettromagnetico</p> <p>Teoria dello scattering</p> <p>Campi in interazione, sviluppo perturbativo, teorema di Wick, regole Feynman</p> <p>Calcolo di un diagramma di Feynman al prim'ordine.</p>
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Teoria dei Campi II
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	751SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>Approccio alla teoria quantistica dei campi attraverso il formalismo dell'integrale sui cammini. Calcolo delle correzioni radiative ai correlatori quantistici e agli elementi della matrice S di scattering; divergenze e rinormalizzazione. Beta function e gruppo di rinormalizzazione. Integrale sui cammini per fermioni. Teorie di gauge abeliane (QED) e non-abeliane (YM). Determinante di Fadeev-Popov e simmetria BRST. Anomalie.</p>
<i>Propedeuticità</i>	Teoria dei Campi I
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Meccanica statistica
<i>SSD</i>	FIS/02

<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	750SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Comprensione ed uso delle tecniche di base della meccanica statistica quantistica dei sistemi ad infiniti gradi di libertà con particolare riferimento all'esistenza di rappresentazioni inequivalenti ed al fenomeno della rottura spontanea di simmetria. Capacità di applicazione di tali tecniche a semplici sistemi di spin, fermionici e bosonici che presentano transizioni di fase.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Relatività Generale II
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	823SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	i) Comprendere la struttura globale dello spazio-tempo in Relatività Generale. ii) Sviluppare gli strumenti e le tecniche per riconoscere le conseguenze della presenza di simmetrie in teorie covarianti generali. iii) Essere in grado di formulare principi variazionali per teorie covarianti generali. iv) Cominciare a sviluppare la capacità di applicare i concetti precedenti a situazioni particolari di interesse corrente in astrofisica, cosmologia e/o gravità quantistica/teoria delle stringhe.
<i>Propedeuticità</i>	Relatività Generale I, <i>oppure</i> , Cosmologia I
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Introduzione all'Informazione Quantistica
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	826SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)

<i>Obiettivi specifici</i>	La teoria quantistica dell'informazione studia le conseguenze dell'uso di sistemi quantistici nella manipolazione e trasmissione d'informazione. Particolare rilevanza sarà data al fenomeno dell'entanglement e al suo comportamento in presenza di rumore e dissipazione. Oltre ad alcune delle applicazioni più note dei sistemi entangled, quali il teletrasporto ed alcuni protocolli computazionali elementari, si esamineranno alcuni più recenti sviluppi nel campo degli atomi ultra-freddi che permettono il superamento del cosiddetto limite di shot-noise nella misura di parametri fisici. Scopo dell'insegnamento è quello di fornire una panoramica degli aspetti sopra menzionati.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Applicazione della Teoria dei Gruppi alla Fisica
<i>SSD</i>	FIS/02
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	683SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento ha lo scopo di consentire allo studente di 1) Impraticarsi con il concetto di gruppi di Lie e del loro ruolo in fisica; 2) Imparare a costruire le Rappresentazioni dei gruppi unitari; 3) Imparare a costruire le rappresentazioni del gruppo di Lorentz.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Metodi di Potenziale
<i>SSD</i>	GEO/10
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	952SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Essere in grado di utilizzare osservazioni dei campi di gravità e magnetico applicando metodi del potenziale, essere in grado di applicare metodi di inversione e modellazione essenziali in tutte le applicazioni geofisiche sia superficiali che profonde.

<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fluidodinamica
<i>SSD</i>	ICAR/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Il corso di propone di dare i fondamenti della meccanica dei fluidi, introducendo in maniera rigorosa alle leggi di conservazione, all'analisi dimensionale, alla dinamica della vorticità e alla teoria dello strato limite. A valle della conoscenza degli argomenti trattati nel corso, lo studente sarà in grado di affrontare le tematiche di fluidodinamica applicata alla meteorologia e all'oceanografia con una solida base teorica.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Conoscenza della fisica matematica necessaria allo studio della meccanica del continuo, incluso l'analisi tensoriale
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Rischio Sismico e Vulcanico
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	815SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	Fornire la base di conoscenza dei metodi di analisi della pericolosità sismica e vulcanica: metodi probabilistici e deterministici, vulnerabilità e rischio, terremoti ed eventi di scenario e di progetto.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica dell'Atmosfera
---------------------------	------------------------------

<i>SSD</i>	FIS/06
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	774SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento è volto a fornire gli strumenti concettuali e analitici atti a comprendere e descrivere i fenomeni atmosferici, con particolare attenzione alla termodinamica e alla dinamica alla mesoscala. Verranno presentati i meccanismi di interazioni tra i flussi atmosferici e l'orografia, i processi di formazione delle precipitazioni, nonché i meccanismi alla base del ristagno atmosferico e della trasformazione degli inquinanti. Nell'ambito dell'insegnamento verranno inoltre analizzate simulazioni numeriche mediante un modello atmosferico non-idrostatico.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica dello strato limite atmosferico
<i>SSD</i>	FIS/06
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	679SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A+E)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento intende fornire essenziali complementi ai corsi di Fluidodinamica geofisica e di Fisica dell'atmosfera che sono utili alla comprensione e soprattutto alla modellazione, analitica e numerica, dei fenomeni fisici alla microscala, i quali hanno sede negli strati atmosferici prossimi alla superficie terrestre. Nel corso vengono trattati gli scambi energetici e di quantità di moto tra l'atmosfera e la superficie del pianeta, l'interazione tra la radiazione entrante, uscente dal sistema atmosferico e l'aria, i problemi turbolenti residenti nello strato limite e le loro conseguenze sui moti alle diverse scale spaziali, temporali e sulla dispersione e la trasformazione fotochimica degli inquinanti e dei gas serra.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Astrofisica Stellare
---------------------------	-----------------------------

<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Conoscere la fisica degli interni e delle atmosfere stellari. Nella prima parte del corso verranno acquisite conoscenze relative ai meccanismi fisici su cui si basano la struttura e l'evoluzione delle stelle. Nella seconda parte del corso si acquisiranno conoscenze riguardo alle atmosfere stellari e si deriveranno i loro parametri specifici: distribuzione di temperatura, densità, opacità e composizione chimica.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Astrofisica delle galassie
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Il corso è finalizzato alla conoscenza approfondita ed aggiornata di galassie e sistemi di galassie fornendo i principi di base necessari per la determinazione delle quantità fisiche fondamentali di questi oggetti, in particolare in connessione alle problematiche di dinamica attraverso lo studio dell'equilibrio e della stabilità dei sistemi auto-gravitanti.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Evoluzione di Stelle e Galassie
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	970SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Conoscere l'evoluzione delle stelle e delle popolazioni stellari nelle galassie. Lo studente acquisirà conoscenze sui principi di nucleosintesi

	stellare, dalla nucleosintesi primordiale alle supernovae e ai raggi cosmici; teorie sui progenitori delle supernovae di diverso tipo. Acquisirà inoltre conoscenze sulla sequenza di Hubble delle galassie e le proprietà osservative della Galassia: principi di evoluzione chimica delle galassie, il tasso di formazione stellare, la funzione iniziale di massa e la produzione di elementi chimici da parte delle stelle; confronto tra modelli teorici e osservazioni; evoluzione spettro-fotometrica delle galassie; calcolo dell'evoluzione della luminosità bolometrica e delle luminosità monocromatiche per popolazioni stellari semplici e composte e confronti con le osservazioni; derivazione dell'età degli oggetti astronomici utilizzando l'evoluzione fotometrica ed altri metodi. Età dell'universo. Diagramma di Hubble e parametro di decelerazione dell'universo.
<i>Propedeuticità</i>	Astrofisica stellare
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Processi radiativi
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento è finalizzato alla conoscenza approfondita dei processi radiativi responsabili dell'emissione continua ed alle loro applicazioni in ambito astrofisico. Partendo da concetti di base di trasporto radiativo e di elettromagnetismo, si studieranno in particolare l'emissione di radiazione di sincrotrone, di frenamento e di Compton inverso. L'apprendimento di tali processi permetterà allo studente di comprendere in modo dettagliato la fenomenologia dell'emissione e dell'assorbimento di radiazione da parte di una varietà di strutture cosmiche e di oggetti astrofisici. Verranno in particolare trattate le galassie e il trasporto radiativo nel mezzo interstellare polveroso, gli ammassi di galassie, la complessa fenomenologia dei nuclei galattici attivi e il trasporto radiativo nel mezzo intergalattico, a partire dall'epoca della re-ionizzazione.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Cosmologia I
<i>SSD</i>	FIS/05

<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	966SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Nella prima parte del corso lo studente acquisirà conoscenze di base di Relatività Generale. Nella seconda parte lo studente acquisterà confidenza con i diversi modelli cosmologici, con le basi della cosmologia osservativa, con il modello cosmologico standard (Big Bang) e gli eventi fondamentali dell'evoluzione cosmica, con le teorie relative all'inflazione, alla costante cosmologica, alla materia ed all'energia oscura.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Tecnologie Astronomiche
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	972SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento ha la finalità di far acquisire allo studente le conoscenze di base sulle principali tecniche di osservazione astronomica nelle varie bande dello spettro elettromagnetico, e in particolare in banda ottica con osservazioni dalla stazione osservativa INAF, e iniziare a sviluppare la capacità di pianificare un programma osservativo. E' prevista un'attività iniziale di apprendimento di tecniche di programmazione in C e python, con applicazioni particolari alla riduzione e analisi di dati astronomici (osservati e/o simulati).
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Pianeti e astrobiologia
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	752SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)

<i>Obiettivi specifici</i>	Lo scopo principale dell'insegnamento è quello di presentare la fisica dei pianeti e dei sistemi planetari e offrire un'introduzione all'astrobiologia, propedeutica alla trattazione dell'abitabilità planetaria e dei biomarcatori atmosferici. Il sistema solare viene utilizzato come riferimento per lo studio comparativo dei sistemi planetari extrasolari. Viene altresì introdotto lo studio del mezzo interstellare diffuso, con un approfondimento su polvere e molecole interstellari.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Laboratorio di Astrofisica Spaziale
<i>SSD</i>	FIS/01
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	968SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A+L)
<i>Obiettivi specifici</i>	Comprensione di base di una missione spaziale, dei sistemi che la compongono e delle problematiche legate al suo sviluppo. Apprendimento delle tecniche di analisi dei sistemi spaziali. Conoscenza dei più semplici algoritmi numerici per la soluzione dei problemi fisici semplificati.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Cosmologia II
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	814SM
<i>Tipologia Didattica</i>	72 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento è finalizzato alla conoscenza approfondita ed aggiornata delle problematiche di cosmologia legate allo studio della formazione di galassie, ammassi di galassie e della struttura su grande scala dell'Universo nell'ambito dei modelli cosmologici correnti. L'apprendimento di elementi di evoluzione delle perturbazioni in regime lineare e non lineare, sia tramite tecniche analitiche che numeriche permetterà agli studenti di conoscere i meccanismi che sono alla base della formazione ed evoluzione delle strutture cosmiche. L'apprendimento di tecniche

	statistiche per quantificare la distribuzione di tali strutture permetterà inoltre di comprendere appieno il confronto tra le predizioni teoriche di tali modelli ed i dati osservativi correnti. Tale apprendimento sarà anche finalizzato alla comprensione dei progressi in ambito cosmologico che saranno resi possibili dalla prossima generazione di telescopi sia collocato a terra che nello spazio.
<i>Propedeuticità</i>	Cosmologia I
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Meteorologia e Climatologia dello Spazio
<i>SSD</i>	FIS/05
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	754SM
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	L'insegnamento presenta un'introduzione alla Meteorologia e alla Climatologia dello Spazio. Lo studente apprende le nozioni di base relative a: a. fenomenologia; b. modellistica; c. osservazione delle interazioni tra i processi fisici che hanno origine in diversi sistemi astrofisici interni ed esterni al Sistema Solare con gli ambienti planetari e, nel caso della Terra, con i sistemi tecnologici e con gli organismi viventi, rispettivamente: a. su scala temporale breve (Meteorologia); b. su scala temporale lunga (Climatologia).
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Biofisica Sperimentale
<i>SSD</i>	FIS/07
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Acquisizione delle conoscenze di base delle tecniche di biofisica sperimentale e alcune applicazioni nei campi della biofisica molecolare

	e della meccano-biologia.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Non è richiesto agli studenti alcun corso propedeutico. La conoscenza di concetti di base di meccanica dei solidi e di meccanica statistica potrebbe essere altresì un vantaggio.
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Fisica della Radioterapia
<i>SSD</i>	FIS/04
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Fornire conoscenza e comprensione della fisica della radioterapia, saperne applicare i metodi, formare autonomia di giudizio, capacità comunicative e di apprendimento.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Non sono richiesti particolari prerequisiti
<i>Articolazione in moduli</i>	

<i>Attività Formativa</i>	Nanostrutture
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h (A)
<i>Obiettivi specifici</i>	Il corso intende fornire concetti generali sulle nanostrutture, fornendo altresì una discussione più dettagliata, su esempi specifici, delle tecniche di fabbricazione e caratterizzazione fisica e degli approcci teorici necessari alla comprensione dei fenomeni di interesse. In particolare si discuteranno alcuni tra i seguenti argomenti: effetti della finitezza dei sistemi; forme allotropiche del carbonio; cluster metallici; eterostrutture a semiconduttore; nanostrutture organiche.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Fisica della materia condensata I
<i>Articolazione in</i>	

<i>moduli</i>	
---------------	--

<i>Attività Formativa</i>	Fotonica
<i>SSD</i>	FIS/03
<i>CFU</i>	6
<i>Codice</i>	
<i>Tipologia Didattica</i>	48 h
<i>Obiettivi specifici</i>	<p>L'obiettivo principale del corso è di fornire agli studenti che lo seguono delle conoscenze basilari su:</p> <ul style="list-style-type: none"> - come la luce si propaga nei mezzi lineari; - cos'è e come funziona l'approccio di Fourier all'ottica; - quali sono i principi di funzionamento dei risuonatori ottici; - come e perché la luce dei laser si differenzia da quella prodotta da normali sorgenti termiche; - come si può manipolare la luce di un LASER; - come si propaga la luce in un mezzo anisotropo; - quali sono i principi dell'ottica non-lineare (NLO) e quali le sue applicazioni.
<i>Propedeuticità</i>	
<i>Prerequisiti</i>	Elettrodinamica e Ottica; Meccanica quantistica avanzata; Fisica statistica; Metodi matematici per la Fisica.
<i>Articolazione in moduli</i>	