

# Università di Pisa

## Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali

### Regolamento didattico del Corso di Laurea Specialistica in Scienze Fisiche

**Denominazione** - Laurea Specialistica in Scienze Fisiche

**Classe** - Il Corso di laurea specialistica in Scienze Fisiche appartiene alla classe **20/S - Fisica**.

**Posizione Accademica** - La struttura didattica responsabile del Corso di laurea specialistica in Scienze Fisiche è il **Consiglio della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali** e, per le materie delegategli, il **Consiglio dei Corsi di Studio delle Classi di Fisica**.

Ai sensi dell'Art.3 comma 9 del decreto 3.11.1999, n.509, il titolo di Laurea Specialistica in Scienze Fisiche dell'Università degli Studi di Pisa potrà essere rilasciato anche congiuntamente con altri Atenei italiani o stranieri, sulla base d'apposite convenzioni anche eventualmente riferite a curricula specifici.

#### **Obiettivi formativi**

Gli obiettivi formativi del corso di laurea specialistica in Scienze Fisiche comprendono:

- una solida preparazione culturale nella fisica classica e della fisica moderna e una buona padronanza del metodo scientifico d'indagine;
- un'approfondita conoscenza delle moderne strumentazioni di misura e delle tecniche d'analisi dei dati;
- un'approfondita conoscenza di strumenti matematici ed informatici di supporto;
- un'elevata preparazione scientifica ed operativa nelle discipline che caratterizzano la classe;

e si qualificano per mezzo di conoscenze specifiche che, a seconda del curriculum scelto, assumono la forma di:

- una conoscenza approfondita degli aspetti fondamentali della fisica teorica e una conoscenza operativa dei metodi matematici e di calcolo numerico e simbolico. In particolare, lo studente apprenderà la teoria dei campi classici e quantizzati e conoscenze di carattere fenomenologico in modo da ottenere una formazione completa e non unicamente polarizzata sugli aspetti teorici e matematici della fisica;
- un'approfondita comprensione in una larga varietà di problematiche, come fisica atomica e molecolare, fisica dei plasmi, elettronica quantistica, biofisica, fisica dello stato solido, fisica dei liquidi e sistemi disordinati, fisica delle superfici e delle interfacce, fisica computazionale. Ciascuna di queste aree di ricerca coinvolge preparazione sia teorica sia sperimentale;
- conoscenze teoriche e fenomenologiche insieme con capacità operative per un'attività di ricerca nel campo della Fisica delle particelle nucleari e subnucleari, della Fisica delle onde gravitazionali e di quella delle particelle d'origine cosmica.
- una conoscenza approfondita degli aspetti fondamentali dell'astrofisica e della fisica dello spazio, con i legami che intercorrono tra le evidenze astrofisiche e la fisica di base. Saranno sviluppati gli aspetti teorici e sperimentali della disciplina.

Tali laureati sono specificamente preparati:

- per lavorare con ampia autonomia, anche assumendo responsabilità di progetti e strutture;
- per utilizzare le conoscenze specifiche acquisite per la modellizzazione di sistemi complessi anche nei campi delle scienze applicate;
- per svolgere ruoli di ricerca nell'Università e nei laboratori ed istituti pubblici e privati, italiani ed esteri;
- per promuovere e sviluppare l'innovazione tecnologica correlata con le discipline fisiche in tutti i settori;
- per la divulgazione ad alto livello della cultura scientifica.

#### **Requisiti d'ammissione alla Laurea Specialistica**

Per l'ammissione al corso è necessario avere conseguito una laurea ed avere acquisito, alla data di chiusura delle iscrizioni, almeno 150 CFU riconosciuti come validi per questa laurea specialistica. I criteri per il riconoscimento della validità dei CFU saranno definiti preliminarmente dal **Consiglio dei**

**Corsi di Studio delle Classi di Fisica.** I 180 CFU corrispondenti alla laurea in Fisica – curriculum “Fisica Generale” di questo Ateneo sono riconosciuti come validi per la laurea specialistica.

### **Quadro generale delle attività formative e crediti ad esse assegnati.**

Le attività formative previste saranno espletate di norma sotto forma di corsi cattedratici, corsi di laboratorio, tirocini, seminari.

- 1 per i corsi cattedratici ogni credito corrisponde di norma ad 8 ore di didattica frontale, di cui circa 1/3 deve essere dedicato ad esercitazioni ed a studio guidato;
- 2 per i corsi di laboratorio ogni credito corrisponde di norma a 15 ore di didattica frontale, di cui circa 2/3 devono consistere in esperimenti e misure in laboratorio.

Le attività formative sono organizzate in semestri, ogni semestre comprende di norma 4 attività formative in parallelo.

### **Accreditamento dei CFU**

Per i corsi cattedratici la verifica dell'apprendimento, l'accREDITamento dei CFU e la definizione del voto avviene di norma con un esame, eventualmente integrato da prove in itinere. Per corsi con lo stesso titolo, l'esame può svolgersi, a richiesta dello studente, alla fine d'ogni modulo o alla fine del secondo modulo.

Per i corsi di laboratorio, per i quali la frequenza è obbligatoria, la verifica dell'apprendimento, l'accREDITamento dei CFU e la definizione del voto possono avvenire seguendo modalità di verifica differenti dall'esame quali relazioni individuali presentate dopo esperienze in laboratorio od una prova finale in laboratorio con relativa relazione.

L'accREDITamento dei CFU e la definizione del voto di corsi affini potrà essere effettuata anche a seguito del superamento di una singola prova finale disciplinata dalla Programmazione Didattica

La partecipazione alle prove in itinere e la redazione delle relazioni di laboratorio sono di norma condizioni necessarie per l'accREDITamento dei CFU.

Gli esami e le prove per l'accREDITamento dei CFU, nel numero e nei periodi fissati dal Regolamento Didattico d'Ateneo, si terranno in date fissate anno per anno nella programmazione didattica.

L'esibizione di un Certificato Internazionale di conoscenza della lingua inglese del livello PET o superiore è sufficiente per l'accREDITamento dei 6 CFU dedicati all'apprendimento dell'inglese.

### **Prova finale per il conseguimento del titolo**

L'esame di laurea consiste nella discussione davanti ad una commissione ufficiale di una tesi preparata sotto la guida di un relatore. La tesi riporta un lavoro individuale ed originale, svolto all'interno del Dipartimento di Fisica o presso aziende, strutture e laboratori tanto universitari quanto pubblici o privati, in Italia e all'estero. La discussione è rivolta a valutare il contributo originale dello studente al lavoro presentato.

Il voto di laurea, che è espresso da un numero compreso tra 66/110 e 110/110 con eventuale lode, deve esprimere una valutazione del curriculum dello studente, e della preparazione e maturità scientifica da lui raggiunta.

Un apposito "Regolamento dell'Esame di Laurea", che fa parte integrante del Regolamento Didattico del Corso di Laurea specialistica in Scienze Fisiche, determina le procedure di nomina della commissione ufficiale ed i criteri per la definizione del voto di laurea.

### **Commissione Didattica Paritetica**

La Commissione Didattica Paritetica, prevista dallo Statuto d'Ateneo valuterà la funzionalità e l'efficacia delle attività formative, e l'efficienza dei servizi didattici forniti e potrà formulare proposte d'interventi al Consiglio anche sulla base d'inconvenienti e carenze eventualmente riscontrati. La composizione, le procedure per l'elezione dei membri e le norme generali di funzionamento della Commissione sono precisate nel Regolamento del Consiglio.

### **Quadro generale delle attività formative.**

Le attività formative sono articolate in **quattro Curricula:**

- (1) **Fisica Teorica,**
- (2) **Fisica della Materia,**
- (3) **Fisica delle Interazioni Fondamentali,**
- (4) **Astronomia e Astrofisica.**

I quattro curricula hanno struttura analoga ed una parte in comune, ma differiscono per gli obiettivi formativi e per le prospettive professionali che offrono. **La parte in comune comprende i contenuti disciplinari della Laurea in Fisica dell'Università di Pisa,** qui di seguito riportati con queste notazioni:

- i titoli delle attività didattiche
- la voce del Syllabus in cui è descritto il contenuto del corso “**syll.**”
- il settore scientifico-disciplinare “**SSD**”
- il numero di CFU corrispondenti “**cfu**”
- le modalità d'esame “**E**”:

- o 1 esame alla fine del semestre
- o 2x esame alla fine del secondo semestre
- o 3 verifica come specificato nel Manifesto degli Studi
- o 4x esame congiunto per il corso cattedratico e di laboratorio
- l'indicazione se il corso è comune o curriculare “#”
- o c corsi dello stesso ambito per tutti i curricula e di norma con lo stesso Syllabus
- o i corsi caratteristici del curriculum

## Fisica Generale - Attività Didattiche

Corso	syll.	SSD	cfu	E	#	Corso	syll.	SSD	cfu	E	#
<b>I anno I semestre</b>						<b>I anno II semestre</b>					
Analisi Mat. I	sy1	MAT	8	2a	c	Analisi Mat. II	sy1	MAT	6	2a	c
Geometria	sy2	MAT	8	1	c	Chimica Generale	sy6	CHIM	6	1	c
Fisica a I	sy3	FIS/01	6	2b	c	Fisica a II	sy3	FIS/01	8	2b	c
Lab. di Fisica I	sy5	FIS/01	6	1	c	Lab. di Fisica II	sy5	FIS/01	6	3	i
						Inglese			6		c
<b>Totale CFU</b>			<b>28</b>			<b>Totale CFU</b>			<b>32</b>		
<b>Totale CFU per anno</b>									<b>60</b>		
<b>II anno I semestre</b>						<b>II anno II semestre</b>					
Analisi Mat. III	sy1	MAT	8	1	c	Informatica	sy7	INF/01	6	1	c
Fisica a III	sy3	FIS/02	6	1	c	Fisica a IV	sy3	FIS/02	6	1	i
Fisica b I	sy4	FIS/01	7	2c	c	Fisica b II	sy4	FIS/01	8	2c	c
Lab. di Fisica III	sy5	FIS/01	6	1	c	Lab. di Fisica IV	sy5	FIS/01	6	3	i
Corsi liberi			3		c	Metodi Matematici I	sy8	FIS/02	4	1	c
<b>Totale CFU</b>			<b>30</b>			<b>Totale CFU</b>			<b>30</b>		
<b>Totale CFU per anno</b>									<b>60</b>		
<b>III anno I semestre</b>						<b>III anno II semestre</b>					
Mecc. Quantistica I	sy9	FIS/02	9	1	c	Strutt. Materia II Fisica Nucl. Subn. II	sy10 sy11	FIS/03 FIS/04	6	2d 2e	c
Strutt. Materia I Fisica Nucl. Subn. I	sy10 sy11	FIS/03 FIS/04	5 4	2d 2e	c	Strutt. Materia II Fisica Nucl. Subn. II Astrofisica	sy10 sy11 sy12	FIS/03 FIS/04 FIS/05	6	2d 2e 1	i
Corsi liberi			6		c						
Lab. di Fisica V	sy5	FIS/01	6	2f	i	Lab. di Fisica VI	sy5	FIS/01	6	2f	i
						Preparazione dell'Elaborato Finale			9		c
						Stesura e discussione dell'Elaborato Finale			3		c
<b>Totale CFU</b>			<b>30</b>			<b>Totale CFU</b>			<b>30</b>		
<b>Totale CFU per anno</b>									<b>60</b>		
<b>Totale CFU per il corso [di cui almeno 36 di laboratorio]</b>									<b>180</b>		

ed un totale di 72 CFU nel successivo biennio. L'offerta didattica sarà organizzata sulla base degli schemi seguenti che riportano per ogni indirizzo la successione dei moduli, i Raggruppamenti disciplinari ed il numero di CFU corrispondenti.

I titoli dei corsi sono elencati nell'Allegato 1, il Syllabus è raccolto nell'Allegato 2.

Le tabelle seguenti riportano per ogni indirizzo i SSD in cui i corsi dovranno essere scelti; in sede di Programmazione Didattica s'indicheranno, anno per anno, quali corsi saranno attivati e quali saranno i piani di studio consigliati.

### Curriculum di Fisica Teorica

#### Obiettivi formativi e prospettive professionali

Il curriculum di “Fisica Teorica” si pone come obiettivo il dare una conoscenza approfondita degli aspetti fondamentali della fisica teorica e una conoscenza operativa dei metodi matematici e di calcolo numerico e simbolico rilevanti. In particolare lo studente che segue questo curriculum apprenderà la teoria dei campi classici e quantizzati con le sue applicazioni alla fisica delle interazioni fondamentali, alla fisica nucleare e alla meccanica statistica, in relazione ai risultati sperimentali di base che hanno determinato lo sviluppo della teoria. Verrà anche richiesto allo studente di acquisire conoscenze di

carattere fenomenologico in modo da ottenere una formazione completa e non unicamente polarizzata sugli aspetti teorici e matematici della fisica. Con questa formazione il laureato potrà accedere al Dottorato di Ricerca in Italia e all'estero o trovare una collocazione professionale nell'ambito degli Enti di Ricerca italiani e stranieri e anche in settori di ricerca applicata e industriale.

Laurea Specialistica in "Scienze Fisiche"					
Curriculum "Fisica Teorica"					
I anno I semestre			I anno II semestre		
Completamento obbligo	FIS/02	6	Completamento obbligo	FIS/03-04-05	6
Corso cattedratico	non FIS	5	Corso cattedratico	non FIS	5
Corso cattedratico	FIS/02	6	Corso cattedratico	FIS/02	6
	FIS/02	6		FIS/02	6
Corso cattedratico	FIS/01-03-04-05	6	Corso cattedratico	FIS/01-03-04-05	6
Totale CFU		30	Totale CFU		28
Totale CFU per anno					58
II anno I semestre			II anno II semestre		
	FIS/02	6			
	FIS/01-FIS/08	6			
Corso libero		6			
Tesi		14	Tesi		30
Totale CFU		32	Totale CFU		30
Totale CFU per anno					62
Totale CFU per il corso					120

### Curriculum di Fisica della Materia

#### Obiettivi formativi e prospettive professionali

Il curriculum di "Fisica della Materia" si pone come obiettivo primario quello di fornire agli studenti una approfondita comprensione in una larga varietà di problematiche, come fisica atomica e molecolare, fisica dei plasmi, elettronica quantistica, biofisica, fisica dello stato solido, fisica dei liquidi e sistemi disordinati, fisica delle superfici e delle interfacce, fisica computazionale.

Ciascuna di queste aree di ricerca coinvolge preparazione sia teorica sia sperimentale. L'attività di ricerca si svolge prevalentemente presso il Dipartimento di Fisica di Pisa ed i laboratori dell'Istituto Nazionale per la Fisica della Materia operanti sia presso il Dipartimento sia presso altre Università. Con il bagaglio culturale fornito da questo curriculum, il laureato potrà trovare utile inserimento in enti di ricerca italiani ed esteri e/o industrie collegate alla fisica della materia, oppure sviluppare un autonomo campo d'indagine nel quadro di un Dottorato di Ricerca.

Laurea Specialistica in "Scienze Fisiche"					
Curriculum "Fisica della Materia"					
I anno I semestre			I anno II semestre		
Completamento obbligo	FIS/02	6	Completamento obbligo	FIS/03-04-05	6
Corso cattedratico	non FIS	5	Corso cattedratico	non FIS	5
Corso cattedratico	FIS/03	6	Corso cattedratico	FIS/03	6
Laboratorio	FIS/03	6	Laboratorio	FIS/03	6
Corso cattedratico	FIS/01-02-04-05	6	Corso cattedratico	FIS/01-02-04-05	6
Totale CFU		30	Totale CFU		28
Totale CFU per anno					58
II anno I semestre			II anno II semestre		
	FIS/03	6			
	FIS/01-FIS/08	6			
Corso libero		6			
Tesi		14	Tesi		30
Totale CFU		32	Totale CFU		30
Totale CFU per anno					62
Totale CFU per il corso			[di cui almeno 12 di laboratorio]		120

## Curriculum di Fisica delle Interazioni Fondamentali

### Obiettivi formativi e prospettive professionali

Il curriculum di “**Fisica delle Interazioni Fondamentali**” si pone come obiettivo primario un percorso formativo mirato ad un’attività di ricerca nel campo della Fisica delle particelle nucleari e subnucleari, della Fisica delle onde gravitazionali e di quella delle particelle d’origine cosmica. L’attività di ricerca cui lo studente viene indirizzato si svolge presso il Dipartimento di Fisica, le Sezioni e i Laboratori dell’Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e in centri di ricerca nazionali ed esteri. Sarà chiesto allo studente di approfondire la conoscenza dei metodi sperimentali utilizzati nei vari aspetti della ricerca nonché di acquisire solide basi teoriche e fenomenologiche relative ad essa. Le conoscenze acquisite trovano un naturale completamento formativo nel Dottorato di Ricerca in Fisica e potranno essere utili anche per un inserimento nelle attività dell’industria e degli enti di ricerca soprattutto nei settori della strumentazione, dell’elettronica e dell’informatica.

Laurea Specialistica in “Scienze Fisiche”					
Curriculum “Fisica delle Interazioni Fondamentali”					
I anno I semestre			I anno II semestre		
Completamento obbligo	FIS/02	6	Completamento obbligo	FIS/03-04-05	6
Corso cattedratico	non FIS	5	Corso cattedratico	non FIS	5
Corso cattedratico	FIS/04	6	Corso cattedratico	FIS/04	6
Laboratorio	FIS/04	6	Laboratorio	FIS/04	6
Corso cattedratico	FIS/01-02-03-05	6	Corso cattedratico	FIS/01-02-03-05	6
<b>Totale CFU</b>		<b>30</b>	<b>Totale CFU</b>		<b>28</b>
<b>Totale CFU per anno</b>					<b>58</b>
II anno I semestre			II anno II semestre		
	FIS/04	6			
	FIS/01-FIS/08	6			
Corso libero		6			
Tesi		14	Tesi		30
<b>Totale CFU</b>		<b>32</b>	<b>Totale CFU</b>		<b>30</b>
<b>Totale CFU per anno</b>					<b>62</b>
<b>Totale CFU per il corso [di cui almeno 12 di laboratorio]</b>					<b>120</b>

## Curriculum di Astronomia e Astrofisica

### Obiettivi formativi e prospettive professionali

Il curriculum di “**Astronomia e Astrofisica**” si pone come obiettivo primario quello di portare gli studenti al livello di una piena comprensione del grado di sviluppo delle diverse problematiche astrofisiche, fornendo in tal modo la necessaria base conoscitiva per sviluppare particolari indagini nel campo e, in particolare, approfondendo i legami che intercorrono tra le evidenze astrofisiche e la fisica di base. Si richiederà allo studente anche una precisa conoscenza delle varie tecniche sperimentali e dei limiti e incertezze ad esse collegate. Con tale bagaglio culturale il laureato potrà trovare utile inserimento in industrie e/o organismi collegati alle ricerche spaziali o sviluppare un autonomo campo di indagine nel quadro di un Dottorato di Ricerca.

Laurea Specialistica in “Scienze Fisiche”					
Curriculum “Astronomia e Astrofisica”					
I anno I semestre			I anno II semestre		
Completamento obbligo	FIS/02	6	Completamento obbligo	FIS/03-04-05	6
Corso cattedratico	non FIS	5	Corso cattedratico	non FIS	5
Corso cattedratico	FIS/05	6	Corso cattedratico	FIS/05	6
Laboratorio	FIS/05	6	Laboratorio	FIS/05	6
Corso cattedratico	FIS/01-02-03-04	6	Corso cattedratico	FIS/01-02-03-04	6
<b>Totale CFU</b>		<b>30</b>	<b>Totale CFU</b>		<b>28</b>
<b>Totale CFU per anno</b>					<b>58</b>
II anno I semestre			II anno II semestre		
Corso cattedratico	FIS/05	6			
Corso cattedratico	FIS/01-FIS/08	6			
Corso libero		6			

Tesi		14	Tesi		30
Totale CFU		32	Totale CFU		30
Totale CFU per anno					62
Totale CFU per il corso	[di cui almeno 12 di laboratorio]				120

### Completamento obbligo

Per completamento dell'obbligo s'intende il superamento da parte degli studenti degli esami che risultassero mancanti nel seguente insieme:

**FIS/02 Metodi Matematici II**  
**FIS/03 Struttura della Materia II**  
**FIS/04 Fisica Nucleare e Subnucleare II**  
**FIS/05 Astrofisica I**

### Frequenza ai corsi

Per i corsi di laboratorio la frequenza ai laboratori è obbligatoria e sarà controllata ufficialmente; di norma l'assenza ingiustificata a più del 25% delle esercitazioni escluderà dall'accreditamento dei CFU relativi. Per studenti lavoratori, portatori di handicap e rappresentanti negli organi collegiali dell'Università potranno essere concordate modalità diverse di assolvimento dell'obbligo di frequenza.

### Piani di studio

All'inizio del secondo semestre del primo anno di corso tutti gli studenti devono presentare un piano di studi con l'indicazione delle scelte che intendono fare per i corsi che prevedono più possibilità e l'indicazione degli esami liberi che intendono sostenere, se rilevanti ai fini della laurea specialistica. Queste informazioni sono necessarie per permettere una efficiente programmazione didattica ed una buona utilizzazione delle risorse esistenti. Questi piani di studio sono automaticamente approvati se rientrano nelle linee di orientamento suggerite nella Programmazione Didattica.

Studenti che intendano seguire orientamenti non esplicitamente previsti sono invitati a presentare i loro piani di studio correlati eventualmente con una sommaria indicazione delle ragioni delle loro scelte; tali piani saranno esaminati dalla Commissione Didattica Paritetica ed approvati, su conforme parere della Commissione, dal **Consiglio dei Corsi di Studio delle Classi di Fisica**.

### Riconoscimenti di crediti pregressi

Il riconoscimento di crediti pregressi, acquisiti presso altre strutture universitarie sarà deciso dal **Consiglio dei Corsi di Studio delle Classi di Fisica**, con procedure e criteri predeterminati stabiliti nel Regolamento Didattico di Ateneo [Dm 3/11/1999, n.509 Art 5, comma 6].

Il riconoscimento di crediti pregressi, acquisiti presso altre strutture non universitarie sarà deciso dal **Consiglio dei Corsi di Studio delle Classi di Fisica**, con procedure e criteri predeterminati [Dm 3/11/1999, n.509 Art 5, comma 7].

### Norme Transitorie

Nei primi tre anni di attivazione l'elenco dei corsi allegato non è vincolante e nuovi titoli potranno essere inseriti per rispondere alle esigenze della Programmazione didattica.

La **Commissione "Stralcio"** riconoscerà i CFU già acquisiti nel corso di laurea in Fisica vecchio Ordinamento sulla base delle Tabelle di conversione già approvate per i corsi dei primi tre anni per un totale di 207 CFU e valutando ogni esame del IV anno come equivalente a 12 CFU, la preparazione della tesi di laurea come equivalente a 44 CFU ed assegnando alla nuova discussione della tesi il valore convenzionale di 1 CFU.

La **Commissione "Stralcio"** integrerà queste disposizioni con Norme specifiche per tutti i casi non previsti che potranno presentarsi. Su questi specifici punti il Consiglio delega alla **Commissione "Stralcio"** il potere decisionale di modo che tutti questi atti abbiano valore esecutivo immediato.

Elenco e syllabus non completo nè definitivo, ma solo indicativo.

**Allegato 1**

**Elenco dei Corsi**

<b>Titoli</b>	<b>cfu</b>	<b>SSD</b>
Algoritmi e Struttura Dati	6	INF/01
Analisi Matematica IV	6	MAT/05
Analisi Statistica I	6	FIS/01
Analisi Statistica II	6	FIS/01
Apparati Sperimentali I	6	FIS/04
Apparati Sperimentali II	6	FIS/04
Astrofisica I	6	FIS/05
Astrofisica II	6	FIS/05
Astronomia I	6	FIS/05
Astronomia II	6	FIS/05
Calcolo Numerico	6	FIS/01
Chimica Fisica I	6	CHIM/02
Chimica Fisica II	6	CHIM/02
Cosmologia I	6	FIS/05
Cosmologia II	6	FIS/05
Elettrodinamica I	6	FIS/02
Elettrodinamica II	6	FIS/02
Elettronica Quantistica Lab.	6	FIS/02
Fisica Atomica I	6	FIS/03
Fisica Atomica II	6	FIS/03
Fisica Astroparticellare I	6	FIS/04
Fisica Astroparticellare II	6	FIS/04
Fisica degli Acceleratori I	6	FIS/04
Fisica degli Acceleratori II	6	FIS/04
Fisica dei Dispositivi Elettronici I	6	FIS/03
Fisica dei Dispositivi Elettronici II	6	FIS/03
Fisica dei Materiali	6	FIS/03
Fisica dei Plasmi I	6	FIS/03
Fisica dei Plasmi II	6	FIS/03
Fisica delle Nanotecnologie	6	FIS/03
Fisica dello Spazio	6	FIS/05
Fisica dello Stato Solido I	6	FIS/03
Fisica dello Stato Solido II	6	FIS/03
Fisica Galattica	6	FIS/05
Fisica Molecolare I	6	FIS/03
Fisica Molecolare II	6	FIS/03
Fisica Nucleare e Subnucleare I	6	FIS/04
Fisica Nucleare e Subnucleare II	6	FIS/04
Fisica Nucleare I	6	FIS/04
Fisica Nucleare II	6	FIS/04
Fisica Stellare I	6	FIS/05
Fisica Stellare II	6	FIS/05
Fisica Teorica I	6	FIS/02
Fisica Teorica II	6	FIS/02
Geometria II	6	MAT/03
Informatica II	5	INF/01
Informatica III	5	INF/01
Lab. di Fisica della Materia	6	FIS/03
Lab. di Fisica Subnucleare I	6	FIS/04
Lab. di Fisica Subnucleare II	6	FIS/04
Mecc. Quantistica Avanzata I	6	FIS/02
Mecc. Quantistica Avanzata II	6	FIS/02
Meccanica Analitica	6	MAT/07
Meccanica Celeste I	6	FIS/05

<b>Meccanica Celeste II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/05</b>
<b>Meccanica Quantistica II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/02</b>
<b>Meccanica Statistica I</b>	<b>6</b>	<b>FIS/02</b>
<b>Meccanica Statistica II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/02</b>
<b>Ottica Elettronica I</b>	<b>6</b>	<b>FIS/01</b>
<b>Ottica Elettronica II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/01</b>
<b>Ottica Quantistica I</b>	<b>6</b>	<b>FIS/03</b>
<b>Ottica Quantistica II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/03</b>
<b>Particelle Elementari I</b>	<b>6</b>	<b>FIS/04</b>
<b>Particelle Elementari II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/04</b>
<b>Plasmi Astrofisici</b>	<b>6</b>	<b>FIS/05</b>
<b>Radioattività I</b>	<b>6</b>	<b>FIS/04</b>
<b>Radioattività II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/04</b>
<b>Reazioni Nucleari I</b>	<b>6</b>	<b>FIS/04</b>
<b>Reazioni Nucleari II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/04</b>
<b>Relatività I</b>	<b>6</b>	<b>FIS/02</b>
<b>Relatività II.</b>	<b>6</b>	<b>FIS/02</b>
<b>Scienze Planetarie</b>	<b>6</b>	<b>FIS/05</b>
<b>Storia della Fisica I</b>	<b>6</b>	<b>FIS/01</b>
<b>Storia della Fisica II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/01</b>
<b>Strumentazioni Fisiche I</b>	<b>6</b>	<b>FIS/01</b>
<b>Strumentazioni Fisiche II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/01</b>
<b>Tecniche Astrofisiche I</b>	<b>6</b>	<b>FIS/05</b>
<b>Tecniche Astrofisiche II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/05</b>
<b>Teoria dei Campi I</b>	<b>6</b>	<b>FIS/02</b>
<b>Teoria dei Campi II</b>	<b>6</b>	<b>FIS/02</b>
<b>Trattamento delle Immagini</b>	<b>6</b>	<b>FIS/01</b>

Contenuto concettuale dei corsi  
Syllabus

Allegato 2

Titoli	cfu	
Algoritmi e Struttura Dati	6	
Analisi Matematica IV	6	
Analisi Statistica I	6	Elementi di calcolo delle probabilità. Variabili aleatorie e loro distribuzioni. Funzioni di variabile aleatoria determinate con calcoli analitici e di Montecarlo. Legge dei grandi numeri e teorema del Limite Centrale. Esercizi al calcolatore.
Analisi Statistica II	6	Determinazione dei parametri ignoti di una distribuzione ("fit") con il metodo del massimo della verosimiglianza e del minimo del chiquadro. Intervalli di confidenza centrali per parametri gaussiani e non gaussiani. Test di ipotesi e di "goodness of fit". I limiti.
Apparati Sperimentali I	6	Rivelazione di particelle in interazioni di alta energia. Apparati per la misura di impulso e posizione ed energia e per il riconoscimento del tipo di particella.
Apparati Sperimentali II	6	Calibrazione di apparati sperimentali. Tecniche di trigger in esperimenti di alta energia. Elettronica di acquisizione dati. Tecniche di ricostruzione e simulazione delle caratteristiche principali di eventi di interazione.
Astrofisica I	6	Il primo modulo ha lo scopo di dare una base minima necessaria e coincide sostanzialmente con il modulo previsto per il primo triennio: grandezze osservative, magnitudini, colori, arrossamento interstellare. Struttura galattica e popolazioni stellari. Le stelle: struttura ed evoluzione (cenni). Sistema Solare e sistemi planetari. Le galassie nell'Universo; l'espansione dell'Universo.
Astrofisica II	6	Il secondo modulo affronta una serie di tematiche specifiche. Processi dinamici in astrofisica: formazione stellare e dei sistemi planetari. Formazione dell'universo. Fasi finali e strutture terminali dell'evoluzione stellare (nane bianche, buchi neri, stelle di neutroni, supernovae). Nucleosintesi cosmologica ed evoluzione chimica dell'Universo. Astrofisica delle alte energie (cenni).
Astronomia I	6	Astronomia sferica. Stelle e coordinate. Cataloghi. Parallassi e moti propri. Problematiche relative al tempo. Elementi di Meccanica celeste: il problema dei due corpi, definizione e determinazione degli elementi orbitali. Sistemi binari. Il problema ristretto dei tre corpi (cenni).Elementi di ottica e strumenti astronomici.
Astronomia II	6	Il modulo (meccanica celeste e astronomia generale): teoria delle perturbazioni; problema dei tre corpi; elementi di dinamica nel Sistema Solare e di dinamica galattica. Strumenti per l'astronomia ottica.[da coordinare con i programmi di Meccanica Celeste]
Calcolo Numerico	6	Uso di modelli numerici per lo studio di strutture e processi astrofisici e dinamici; analisi dell'errore e sua propagazione; elaborazione immagini e riduzione dati.
Chimica Fisica I	6	
Chimica Fisica II	6	
Cosmologia I	6	Il principio cosmologico. Cosmologia Newtoniana. La costante di Hubble e il parametro di decelerazione. Fondamenti di relatività generale. Metrica di Schwarzschild e collasso gravitazionale. Elemento lineare di Robertson-Walker. Equazioni di Einstein e modelli di Universo. Modelli cosmologici e fisica delle interazioni fondamentali.
Cosmologia II	6	Materia oscura. Il redshift. Teorie inflazionarie (cenni). Misura di distanze su scala cosmologica. Magnitudini e diametri angolari. La radiazione di fondo a 3 K. Reazioni nucleari nelle prime fasi dell'espansione. La formazione delle galassie.
Elettrodinamica I	6	Quantizzazione del campo e.m. e suoi effetti sulla fisica atomica. Introduzione alla quantizzazione dei campi relativistici.
Elettrodinamica II	6	Interazione fra fotoni e particelle cariche di spin 1/2. Test di precisione dell'elettrodinamica quantistica.
Elettronica Quantistica Laboratorio	6	
Fisica Atomica	12	

<b>Fisica Astroparticellare I</b>	<b>6</b>	La distribuzione della materia e della radiazione nell'universo. Espansione e legge di Hubble. La radiazione cosmica di fondo. Stelle e loro evoluzione. Nane bianche, supernovae, stelle di neutroni, pulsars, buchi neri. Sistemi binari. Galassie. I meccanismi di "accrescimento" di sistemi di interesse astrofisico. Il problema della materia oscura e gli esperimenti connessi. L'intersezione fra fisica delle particelle ed astrofisica.
<b>Fisica Astroparticellare II</b>	<b>6</b>	Raggi cosmici - Caratteristiche dei raggi cosmici primari e secondari. Le interazioni fra radiazioni e materia. Metodi sperimentali per lo studio dei raggi cosmici. Esperimenti terrestri ed esperimenti spaziali. Le componenti della radiazione cosmica. Campi magnetici galattici e stellari. Materia ed antimateria. Raggi gamma. Neutrini. Alcuni meccanismi di produzione ed accelerazione. Propagazione. Astronomia gamma e neutrina. Osservazione dell'universo mediante raggi gamma e neutrini. Le altissime energie ed i possibili meccanismi d'accelerazione. I fiotti di raggi gamma. Misure in corso ed i futuri progetti
<b>Fisica degli Acceleratori</b>	<b>12</b>	La fenomenologia della fisica adronica negli anni '60. - il collisionatore protone-protone ISR di 62 GeV nel scm: - il collisionatore protone-antiprotone SpbarpS di 630 GeV: - il collisionatore Tevatron Collider di 1800 GeV: - il Large Hadron Collider LHC di 14,000 GeV: - le prime idee per un Very Large Hadron Collider di 200,000 GeV - quale fisica ad un VLHC?
<b>Fisica dei Dispositivi Elettronici</b>	<b>12</b>	Fisica dei semiconduttori, dispositivi a giunzione, ad effetto di campo, eterostrutture; dispositivi optoelettronici.
<b>Fisica dei Materiali</b>	<b>6</b>	
<b>Fisica dei Plasmi I</b>	<b>6</b>	Introduzione alla fisica dei plasmi debolmente accoppiati Definizione di plasma Meccanica statistica di un plasma Descrizione di un plasma come sistema a molti corpi lontano dall'equilibrio termodinamico. Onde e stabilita' di un plasma non magnetizzato. Equazione di Vlasov ed equazioni dei momenti
<b>Fisica dei Plasmi II</b>	<b>6</b>	Smorzamento di Landau e dinamica cinetica in un plasma. Operatore di collisione e modelli per la resistività di un plasma. Onde e stabilita' di un plasma magnetizzato. Equazioni ed applicazione della Magnetoidrodinamica. Cenni di astrofisica dei plasmi e di fusione termonucleare controllata.
<b>Fisica delle Nanotecnologie</b>	<b>6</b>	Proprietà fisiche di nanostrutture: trasporto elettrico, proprietà ottiche lineari e non-lineari in sistemi a confinamento quantico. Fabbricazione di nanostrutture: tecniche di deposizione di film sottili e di nanolitografia. Analisi fisica di nanostrutture: microscopia ottica, elettronica e a scansione di sonda.
<b>Fisica dello Spazio</b>	<b>6</b>	
<b>Fisica dello Stato Solido</b>	<b>12</b>	
<b>Fisica Galattica</b>	<b>6</b>	
<b>Fisica Molecolare I</b>	<b>6</b>	Spettroscopia molecolare nella regione infrarossa e a microonde. Metodi sperimentali e caratteristiche degli spettri d'assorbimento. Sorgenti classiche e laser per la spettroscopia. Rivelatori Campioni di frequenza. Alcuni esperimenti significativi.
<b>Fisica Molecolare II</b>	<b>6</b>	Modelli di base per l'interpretazione degli spettri molecolari. L'Hamiltoniana molecolare L'approssimazione di Born-Oppenheimer. Simmetria molecolare e teoria dei gruppi. Applicazione della teoria dei gruppi allo studio degli spettri molecolari. Spettri vibrazionali e modi normali di vibrazione.
<b>Fisica Nucleare</b>	<b>12</b>	

<b>Fisica Nucleare e Subnucleare I</b>	<b>6</b>	Richiami di relatività e d'elettromagnetismo. Le radiazioni naturali: raggi cosmici e radioattività naturale. I nuclei e la loro caratterizzazione. Modelli nucleari e previsioni per $M(Z,A)$ . Modello a goccia. Modello a gas di Fermi. Modello a shell. Radioattività $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ . Metodi di datazione e d'analisi. Fisica dei neutroni. Fissione. Moderazione ed assorbimento dei neutroni. Reattori termici. Reazioni nucleari. Momento magnetico del nucleo. Fusione e reazioni rilevanti nel sole. Neutrini solari.
<b>Fisica Nucleare e Subnucleare II</b>	<b>6</b>	Particelle elementari e loro classificazione. Numeri quantici. Simmetrie. Leggi conservative. Teoria del decadimento $\beta$ . Neutrini, loro proprietà ed interazioni. Interazione di adroni. Il modello a quarks. Il modello standard. Interazioni delle particelle con la materia. Rivelatori di particelle. Acceleratori di particelle. Argomenti di astrofisica e cosmologia.
<b>Fisica Stellare I</b>	<b>6</b>	Il teorema del viriale e l'evoluzione delle strutture autogravitanti. Equazioni di equilibrio per una struttura stellare. Fisica della materia in condizioni stellari: equazione di stato, opacità radiativi, reazioni termoneutroni. La degenerazione elettronica e la produzione di termoneutrini.
<b>Fisica Stellare II</b>	<b>6</b>	Evoluzione delle strutture stellari. Neutrini solari e neutrini stellari. La nucleosintesi stellare: processi di cattura neutronica. Isocrone di ammasso e gli osservabili evolutivi. Sequenze di raffreddamento e cristallizzazione delle Nane Bianche. Meccanismi di variabilità e l'uso delle variabili come candele standard. I progenitori di Supernovae e la nucleosintesi esplosiva. Modelli di evoluzione chimica della Galassia. Cenni di dinamica dei sistemi stellari.
<b>Fisica Teorica</b>	<b>12</b>	
<b>Geometria II</b>	<b>6</b>	
<b>Informatica II</b>	<b>5</b>	
<b>Informatica III</b>	<b>5</b>	
<b>Lab. di Fisica della Materia</b>	<b>6</b>	Il campo e.m. in mezzi materiali. Assorbimento Debye-Il Risonanza magnetica. Passaggio lento, adiabatico veloce, veloce, Hamiltoniana di spin e processi di rilassamento. Risonanza magnetica nucleare (NMR). Rumore: Johnson, Flicker noise. Tecniche di rivelazione NMR. Mixers. Propagazione guidata. Modi TE e TM. Componenti a microonde. Linee di trasmissione. Modulazione AM-FM. Spettrometri RF e MW. Rapporto segnale rumore. Esperienze di Laboratorio: Analizzatore di reti vettoriale. Componenti a microonde, Mixers. Assorbimento dielettrico- Lo spettrometro EPR, misure su sistemi paramagnetici in soluzione.
<b>Laboratorio di Fisica Subnucleare I</b>	<b>6</b>	Interazione della radiazione con la materia: i fenomeni della ionizzazione diretta o indiretta e/o dell'emissione di fotoni. Tecniche di rivelazione del segnale, elettronica di amplificazione, Sorgenti di rumore, tecniche di analisi
<b>Laboratorio di Fisica Subnucleare II</b>	<b>6</b>	Esperienze di laboratorio di fisica subnucleare: l'esperienza dei Raggi cosmici, dello Scattering Compton, dell'Assorbimento gamma e della vita media dei muoni; preparazione dell'apparato, presa dati, analisi dati, discussione della relazione tecnico-scientifica.
<b>Meccanica Analitica</b>	<b>6</b>	
<b>Meccanica Celeste</b>	<b>12</b>	
<b>Meccanica Quantistica II</b>	<b>6</b>	
<b>Meccanica Quantistica Avanzata</b>	<b>12</b>	
<b>Meccanica Statistica I</b>	<b>6</b>	Insiemi statistici classici e quantistici, applicazioni in sistemi di fermioni e bosoni, sviluppo in cluster.
<b>Meccanica Statistica II</b>	<b>6</b>	Rottura spontanea di simmetria, fenomeno di Higgs, modelli statistici significativi.
<b>Ottica Elettronica I</b>	<b>6</b>	Betatrone, ciclotrone, sincrotrone. Anelli di accumulazione per elettroni e Raffreddamento elettronico e stocastico. Luminosità e sue misure.
<b>Ottica Elettronica II</b>	<b>6</b>	I futuri acceleratori: protone-protone, elettrone-positrone, accumulatori di "neutrino factories".

<b>Ottica Quantistica</b>	<b>12</b>	Richiami di Ottica Geometrica ed Ottica Fisica. Radiazione elettromagnetica e fisica quantistica. Sorgenti di radiazione termica e di radiazione coerente. I principali laser. Ottica non lineare. Tecniche ottiche avanzate ed applicazioni.
<b>Particelle Elementari I</b>	<b>6</b>	Evidenze sperimentali dell'esistenza dei costituenti fondamentali della materia: quark e leptoni Caratteristiche sperimentali e fenomenologiche delle interazioni tra i costituenti. Il modello standard.
<b>Particelle Elementari II</b>	<b>6</b>	Misure di precisione di verifica del modello standard. Verifiche sperimentali di simmetrie discrete. Mixing di neutrini.
<b>Plasmi Astrofisici</b>	<b>6</b>	Il corso si propone di discutere la fisica di processi astrofisici legati alla presenza di gas ionizzati ad alta temperatura introducendo metodi e tecniche tipiche della fisica dei plasmi. Introduzione alla fisica dei plasmi; equazione di Vlasov e Boltzmann. Derivazione delle equazioni Magnetodinamiche. Equilibrio e stabilità lineare. Onde MHD; introduzione alla turbolenza MHD con riferimento a quella fluida. Applicazioni alla fenomenologia della corona solare e del vento solare. Dischi di accrescimento. Cenni di astrofisica delle alte energie.
<b>Radioattività I</b>	<b>6</b>	L'instabilità nucleare e subnucleare e le caratteristiche delle interazioni fondamentali; le sorgenti delle interazioni: i leptoni e i quark. La fissione e la fusione nucleare. Il decadimento beta e la violazione della parità. La radioattività ambientale ed i limiti nella determinazione della vita media di un nucleo. I reattori a fissione e fusione nucleare controllata e l'inquinamento ambientale. La produzione e l'uso degli isotopi radioattivi artificiali.
<b>Radioattività II</b>	<b>6</b>	Le interazioni delle particelle con la materia. I rivelatori di particelle; caratteristiche e limiti. Gli acceleratori di particelle. Dosimetria; dose assorbita, Kerma ed esposizione. Misure di dose. Stime teoriche di dose in condizioni di CPE e con il metodo Montecarlo. Concetti di microdosimetria. Effetti biologici delle radiazioni. La diagnostica medica con i raggi X; l'ottimizzazione del rapporto segnale-fondo. L'uso degli isotopi radioattivi e degli acceleratori nella diagnostica e nella terapia medica.
<b>Reazioni Nucleari</b>	<b>12</b>	
<b>Relatività</b>	<b>6</b>	
<b>Scienze Planetarie</b>	<b>6</b>	Sistema Solare e sistemi planetari extrasolari (scoperta, metodi di analisi, problemi). Formazione dei sistemi planetari nell'ambito dei processi di formazione stellare. Struttura del Sistema Solare: pianeti terrestri, giganti, esterni. Corpi minori del sistema Solare: asteroidi, comete, Edgeworth-Kuiper Belt, satelliti. Evoluzione dinamica nel Sistema Solare: risonanze, processi caotici, incontri ravvicinati. Evoluzione collisionale del Sistema Solare; fisica delle collisioni ad alta velocità; processi di frammentazione di corpi solidi. Meteoriti e Near Earth Objects: collisioni con la Terra e conseguenze.
<b>Storia della Fisica</b>	<b>12</b>	
<b>Strumentazioni Fisiche</b>	<b>12</b>	
<b>Tecniche Astrofisiche II</b>	<b>6</b>	Richiami di spettroscopia. Tecniche spettroscopiche. Teoria delle atmosfere stellari. Proprietà della materia diffusa. Spettri integrati. Esperienza sul trattamento di dati spettroscopici nel quadro delle relative problematiche astrofisiche
<b>Tecniche Astrofisiche I</b>	<b>6</b>	Telescopi terrestri e telescopi spaziali. Metodi di acquisizione ed elaborazione di immagini. Immagini stellari ed immagini estese. Esperienza sul trattamento di immagini astronomiche nel quadro delle relative problematiche.
<b>Teoria dei Campi I</b>	<b>6</b>	Transizioni di fase del secondo ordine e fenomeni critici. Teorie classiche dei fenomeni critici. Modello di Ising. Teoria di Landau-Ginzburg.
<b>Teoria dei Campi II</b>	<b>6</b>	Trasformazioni di Kadanoff e ipotesi di scaling. Gruppo di rinormalizzazione (RG). Calcolo perturbativo degli esponenti critici. Superconduttività
<b>Trattamento delle Immagini</b>	<b>6</b>	