

**Università degli Studi di Firenze**  
**Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali**

**Manifesto degli Studi del**  
**Corso di Laurea Specialistica in Scienze Fisiche e Astrofisiche**  
**Anno accademico 2006-2007**

**1. Denominazione, classe di appartenenza e curricula**

È istituito presso l'Università degli Studi di Firenze il Corso di Laurea Specialistica in Scienze Fisiche e Astrofisiche. Il Corso è organizzato dalla Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali ed è strutturato in curricula, che, a seconda della loro impostazione, appartengono a due principali tipologie: curricula di tipo "F", a contenuto eminentemente fisico, e curricula di tipo "T", di impostazione e contenuto tecnologico.

Il Corso di Laurea Specialistica appartiene alla classe 20S-Fisica.

**2. Obiettivi formativi, profilo culturale e professionale, sbocchi professionali**

Gli obiettivi formativi del Corso di Laurea Specialistica, anche con riferimento alle due tipologie curriculari, il quadro generale delle attività formative, la ripartizione delle attività formative in varie tipologie e i crediti assegnati a ciascuna tipologia e ai settori scientifico disciplinari sono riportati nell'Ordinamento Didattico allegato al Regolamento Didattico di Ateneo.

Il Corso ha la durata normale di 2 anni. Di norma l'attività dello studente corrisponde al conseguimento di 60 crediti all'anno. Lo studente che abbia comunque ottenuto 120 crediti adempiendo a tutto quanto previsto dall'Ordinamento, può conseguire il titolo anche prima della scadenza biennale.

Sono organi del Corso di Laurea Specialistica il Presidente, il Consiglio di Corso di Laurea Specialistica e la Giunta del Corso di Laurea Specialistica. Per la composizione del Consiglio di Corso di Laurea Specialistica e le sue competenze si rimanda al Regolamento Didattico dell'Ateneo.

Composizione e competenze della Giunta saranno definite e deliberate dal Consiglio di Corso di Laurea Specialistica.

È costituita inoltre una Commissione Didattica. Per la composizione e le competenze si rimanda al Regolamento Didattico di Ateneo.

**3. Requisiti d'ammissione e verifica della adeguatezza della preparazione**

Le modalità di accesso alla Laurea Specialistica sono quelle stabilite dal Senato Accademico dell'Università di Firenze. Al Corso di Laurea Specialistica sono ammessi gli studenti provenienti dal Corso di Laurea in "Fisica" dell'Università di Firenze (Curriculum "Scienze Fisiche" e "Tecnologie Fisiche"), i cui 180 crediti conseguiti al I livello sono riconosciuti integralmente e rispettivamente per i curricula di tipo "F" e "T" di questa Laurea Specialistica e assegnati alle varie tipologie secondo le tabelle nel Regolamento. Di norma per accedere al Corso di Laurea Specialistica lo studente deve possedere una laurea di I livello nella Classe 25 (Scienze e Tecnologie Fisiche). In ogni caso il riconoscimento di altre lauree o titoli conseguiti anche in altri Atenei italiani o esteri verrà effettuato basandosi sulla documentazione prodotta all'atto della domanda; inoltre, ai fini dell'ammissione al Corso di Laurea Specialistica e con riferimento all'articolo 5, comma 2 del DM 28 Novembre 2000 sulla "Determinazione delle Classi delle Lauree Specialistiche", l'adeguatezza della preparazione

personale dei candidati provenienti da altri Corsi di studio svolti anche in Atenei italiani o esteri, viene valutata da una apposita Commissione del Consiglio di Corso di Laurea Specialistica, che esamina la carriera personale degli studi presentata all'atto della domanda di iscrizione; in tale domanda lo studente deve anche indicare il curriculum prescelto. Ove lo ritenga necessario, la Commissione può richiedere un colloquio con il candidato. Su proposta della Commissione il Consiglio di Corso di Laurea Specialistica definisce il numero dei CFU riconosciuti in possesso del candidato e la loro assegnazione alle varie tipologie e determina l'entità e i dettagli del debito formativo precisando le modalità per il suo recupero e le eventuali propedeuticità da rispettare. Il limite massimo di debiti formativi al di sopra del quale il candidato non è ammesso al Corso di Studio è fissato dal Senato Accademico in 60 CFU. Il superamento del debito formativo, sempre ai sensi del DM sopra menzionato, verrà accertato mediante la verifica dell'adeguata preparazione dello studente tramite il superamento degli esami dei corsi. Ai fini dell'ammissione non verranno valutati né i tempi di conseguimento della laurea di I livello, né il voto finale ivi conseguito, né l'eventuale elaborato per la prova finale.

#### 4. Insegnamenti, altre attività formative e crediti ad essi attribuiti

Il Corso di Laurea Specialistica è basato su attività formative relative a sei tipologie: a) di base, b) caratterizzanti, c) affini o integrative, d) autonome, e) per la prova finale e la conoscenza della lingua straniera e f) per ulteriori conoscenze linguistiche, informatiche, relazionali ed utili all'inserimento nel mondo del lavoro. Ad ogni tipologia sono assegnati un numero di crediti formativi universitari (CFU), per un totale complessivo di 300 crediti. Si assume che, di norma, 180 dei 300 CFU provengano dal riconoscimento del curriculum degli studi nella laurea di I livello. I restanti 120 CFU vengono acquisiti dallo studente a tempo pieno nel corso della durata normale del Corso di Laurea Specialistica, ovvero in due anni. Negli allegati A) e B) sono riportati i quadri generali delle attività formative per i curricula di tipo "F" e "T" rispettivamente.

Per quanto riguarda gli insegnamenti specifici del biennio della Laurea Specialistica, si riporta nella tabella seguente il quadro sintetico delle attività comuni ai vari curricula delle due tipologie "F" e "T", unitamente al trimestre di svolgimento del corso, rimandando agli Allegati A e B per il dettaglio dell'articolazione dei vari curricula:

CURRICULA "F"				
<i>Tip.</i>	<i>Titolo Insegnamento</i>	<i>CFU</i>	<i>Settore</i>	<i>Trimestre</i>
<b>Completamento cultura fisica di base</b>				
b	<b>Fisica teorica-Complementi</b>	6	FIS/02	I
b	<b>Fisica della materia-Complementi I<sup>1)</sup></b>	3	FIS/03	I
b	<b>Fisica della materia-Complementi II<sup>1)</sup></b>	3	FIS/03	I
b	<b>Fisica nucleare e subnucleare-Complementi</b>	6	FIS/04	II
<b>Totale cultura fisica di base</b>		<b>18</b>		
<b>Corsi curriculari</b>				
b	<i>Corsi con o senza laboratorio fra quelli di tipologia b) riportati nell'Allegato A</i>	42	FIS/01÷08	Vedi Allegato A
<b>Totale curriculari</b>		<b>42</b>		
c	<i>Uno o più corsi a scelta della tipologia c) fra quelli riportati nell'Allegato C oppure corsi attivati presso altri Corsi di Studio della Università di Firenze</i>	<b>9</b>	tutti i SSD indicati come "Interdisciplinarietà e Applicazioni" nell'Ordinamento	Vedi Allegato C

d	<b>A scelta dello studente</b>	<b>6</b>		
e	<b>Prova finale</b>	<b>36</b>		
f	<b>Stage e tirocinii</b>	<b>9</b>		

<sup>1)</sup> Gli studenti del curriculum “Astrofisica” possono sostituire uno dei due moduli da 3CFU con il corso di Fisica del plasma, riportato nell’Allegato A.

CURRICULA “T” <sup>2)</sup>				
<b>Tip.</b>	<b>Titolo Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>Settore</b>	<b>Trimestre</b>
<b>Completamento cultura fisica di base</b>				
b	<i>Un corso a scelta fra quelli del I o II livello</i>	3	FIS/02	
b	<b>Istituzioni di meccanica quantistica II</b>	6	FIS/02	I
b	<b>Struttura della materia-Complementi I</b>	3	FIS/03	Mutua Fisica della materia – Compl. I
b	<b>Struttura della materia-Complementi II</b>	3	FIS/03	Mutua Fisica della materia – Compl. 2
b	<b>Istituzioni di fisica nucleare e subnucl. II</b>	6	FIS/04	Mutua Fisica nucleare e subnucleare – Complem.
<b>Totale cultura fisica di base</b>		<b>21</b>		
<b>Corsi curriculari</b>				
b	<i>Corsi con o senza laboratorio fra quelli di tipologia b) riportati nell’Allegato B</i>	36	FIS/01÷08	Vedi Allegato B
<b>Totale curriculari</b>		<b>36</b>		
c	<i>Uno o più corsi a scelta della tipologia c) fra quelli riportati nell’Allegato C oppure corsi attivati presso altri Corsi di Studio della Università di Firenze</i>	<b>12</b>	tutti i SSD indicati come “Interdisciplinarietà e Applicazioni” nell’Ordinamento	Vedi Allegato C
d	<b>A scelta dello studente</b>	<b>6</b>		
e	<b>Prova finale</b>	<b>36</b>		
f	<b>Stage e tirocinii</b>	<b>9</b>		

<sup>2)</sup> Si ricorda che lo studente di questi curricula “T” deve acquisire almeno 6 CFU di FIS/05 nella tipologia b) nel complesso dei 300 CFU.

Crediti acquisiti da studenti presso altre istituzioni universitarie italiane, dell’Unione Europea o di altri paesi, potranno essere riconosciuti dal Corso di Laurea in base alla documentazione prodotta dallo studente ovvero in base ad accordi bilaterali preventivamente stipulati o a sistemi di trasferimento di crediti riconosciuti dall’Università di Firenze.

## **5. Prova finale e conseguimento del titolo**

Per quanto riguarda le attività di tipo e), per entrambe le tipologie di curricula (“F” e “T”) sono previsti 36 CFU per la prova finale.

Per accedere alla prova finale lo studente deve avere acquisito in totale 264 CFU, ovvero 84 CFU di insegnamenti propri della Laurea Specialistica, corrispondenti normalmente a due anni accademici per uno studente impegnato a tempo pieno negli studi universitari.

La prova finale per il conseguimento della Laurea Specialistica in Scienze Fisiche e Astrofisiche (curricula “F”) consiste nella redazione di un elaborato scritto e nella sua discussione davanti ad una commissione di laurea appositamente nominata; l'argomento del lavoro di tesi, di carattere sperimentale o teorico e di norma originale, deve riguardare argomenti di fisica moderna e deve essere svolto sotto la guida di un relatore. La discussione deve anche determinare e valutare il contributo originale del candidato.

Per i curricula di tipo “T”, l'esame di laurea consiste nella redazione di un elaborato scritto e nella sua discussione davanti ad una commissione di laurea appositamente nominata; l'argomento del lavoro di tesi, di carattere fisico sperimentale e/o tecnologico a contenuto innovativo, deve essere svolto sotto la guida di un relatore. La discussione deve anche determinare e valutare il contributo originale del candidato.

Per ambedue i curricula il lavoro di tesi può essere svolto sia presso strutture e laboratori universitari, sia presso enti di ricerca pubblici o privati, in Italia o all'estero; ove si renda necessario, la tesi si può anche svolgere presso aziende pubbliche e private.

La valutazione deve considerare sia il curriculum degli studi del candidato che la maturità scientifica da esso raggiunta. Il voto finale è espresso in centodecimi, più eventuale lode all'unanimità dei commissari.

Nella commissione di laurea i docenti del curriculum del candidato devono essere adeguatamente rappresentati.

## **6. Piani di studio individuali**

Lo studente iscritto alla Laurea Specialistica deve presentare un Piano di Studi individuale, che definisca la scelta del curriculum e soddisfi i requisiti previsti dalla Classe 20S-Fisica. La presentazione del Piano di Studi è obbligatoria all'atto dell'iscrizione al II anno, ma può essere anticipata al I anno e modificata l'anno successivo. Tale piano di studi è soggetto ad approvazione da parte del Consiglio di Corso di Laurea Specialistica e deve essere stilato coerentemente alle tabelle dei curricula riportate negli Allegati A e B.

Il Piano di Studi, oltre a dovere essere necessariamente coerente con l'Ordinamento Didattico per i 300 CFU complessivi, deve anche contenere per tutti i curricula almeno 6 CFU di insegnamenti di astrofisica di base (oltre a quelli acquisiti al I livello mediante corsi di laboratorio). La coerenza con l'Ordinamento richiede, fra l'altro, che uno studente dei curricula “T” debba necessariamente acquisire un totale di 21 CFU di FIS/02 nella tipologia b), da ottenere eventualmente nella Laurea Specialistica mediante un corso a scelta di questo settore, anche del I livello. Per tutti i curricula di tipo “F” si raccomanda l'inserimento di almeno 6 CFU di un corso di laboratorio e 3 CFU di Metodi matematici-Complementi (Introduzione). Si ricorda che il Piano di studio può ricorrere anche ai crediti di tipologia d) (a scelta dello studente) per soddisfare agli obblighi e raccomandazioni di questo Manifesto.

Gli studenti che provengono dal Corso di Laurea in Fisica di I livello dell'Università di Firenze, curriculum “Scienze Fisiche” e “Tecnologie Fisiche”, iscritti rispettivamente ai curricula di tipo “F” e “T” della Laurea Specialistica e che scelgano uno dei percorsi consigliati per il curriculum prescelto, avranno il Piano di Studio approvato automaticamente.

## **7. Unità didattiche e moduli**

Per l'anno accademico 2006-2007 gli insegnamenti sono organizzati in unità didattiche "trimestrali".

## **8. Obblighi di frequenza e propedeuticità degli esami**

La frequenza ai corsi è una condizione essenziale per un proficuo inserimento dello studente nell'organizzazione didattica del Corso di Laurea Specialistica. Per i corsi con esercitazioni di laboratorio (indicati con "lab" nelle tabelle dei curricula) la frequenza è obbligatoria.

La successione temporale dei corsi d'insegnamento riportata negli allegati A e B è quella suggerita allo studente anche per i relativi esami.

## **9. Modalità della didattica**

Le attività formative svolte nel biennio della Laurea Specialistica sono espletate sotto forma di corsi cattedratici, corsi di laboratorio e tirocini.

Le forme didattiche previste sono le seguenti: a) lezioni in aula; b) esercitazioni in aula o in aula informatica; c) sperimentazioni individuali o di gruppo in laboratorio; d) tirocini presso Dipartimenti dell'Università di Firenze o Enti di ricerca pubblici o privati; e) corsi e/o sperimentazioni presso strutture esterne all'Università o soggiorni presso altre Università, Enti di Ricerca italiani o stranieri nel quadro di accordi internazionali.

La corrispondenza fra CFU assegnati alle varie attività formative nel biennio e le ore di didattica frontale è articolata come segue:

1. per i corsi di "completamento della cultura fisica di base" ad ogni CFU corrispondono 9 ore di didattica frontale, di cui almeno 3 dedicate ad esercitazioni numeriche e/o studio guidato;
2. per i corsi di laboratorio ad ogni CFU corrispondono 12 ore di didattica, di cui almeno 8 dedicate alla esecuzione di misure e/o elaborazione dati in laboratorio;
3. per tutti i restanti insegnamenti sono previste 50 ore per 6 CFU (27 ore per insegnamenti di soli 3 CFU).

## **10. Modalità della valutazione**

Tutte le attività che consentono l'acquisizione di crediti devono essere valutate. La valutazione è espressa da apposite commissioni, costituite secondo le norme contenute nel Regolamento Didattico di Ateneo, che comprendono il responsabile dell'attività formativa. Le procedure di valutazione sono costituite, a seconda dei casi, da prove scritte, orali, scritte e orali o da altri procedimenti adatti a particolari tipi di attività. Le attività di tipo a), b), c) e d) sono di norma valutate con un voto espresso in trentesimi con eventuale lode.

Per le attività didattiche che prevedono esercitazioni in laboratorio, l'accreditamento può avvenire mediante valutazione di un lavoro individuale aggiuntivo in laboratorio su aspetti inerenti al corso.

L'assegnazione dei crediti di tipologia f), riguardante stage o tirocini presso Enti di ricerca o Università, Aziende pubbliche o private può avvenire sulla base di una relazione dell'attività svolta e non prevede una votazione associata, ma solo un giudizio di congruità espresso dal Consiglio di Corso di Laurea Specialistica. I dettagli delle modalità di esame per i vari corsi di insegnamento sono illustrati dal docente all'inizio del corso. Per gruppi di insegnamenti affini, è prevista la possibilità di

accreditamenti mediante un'unica seduta di accertamento, allo scopo di contenere il numero totale di colloqui da sostenere nel biennio di studi.

### **11. Tesi di laurea specialistica**

La tesi di laurea consiste in un lavoro a cui corrispondono 36 CFU e si conclude con la stesura di un elaborato scritto. Alla preparazione del lavoro di tesi può essere connesso lo svolgimento della attività di tirocinio (9 CFU).

### **12. Calendario dei trimestri, delle sessioni di laurea e vacanze ufficiali**

Per l'anno accademico 2006-2007 il calendario dei trimestri è il seguente:

I Trimestre: 2 Ottobre 2006 – 1 Dicembre 2006

II Trimestre: 15 Gennaio 2007 – 16 Marzo 2007

III Trimestre: 19 Aprile 2007 – 22 Giugno 2007

Per l'anno accademico 2006-2007 il calendario delle sessioni di laurea è il seguente:

27 Giugno 2006

18 Luglio 2006

28 Settembre 2006

12 Dicembre 2006

23 Gennaio 2007

20 Marzo 2007

24 Aprile 2007

Per l'anno accademico 2006-2007 gli appelli di laurea verranno stabiliti e comunicati successivamente.

Vacanze ufficiali durante i periodi di lezione:

•I Trimestre: 1 Novembre 2006

•II Trimestre: -

•III Trimestre: 25 Aprile 2007, 1 Maggio 2007, 2 giugno 2007

### **13. Insegnamenti**

Gli insegnamenti, le altre attività formative previste e i loro programmi sintetici sono riportati in appendice.

#### **13.1 Curricula attivati di tipo “F”**

Nell'Allegato A si riporta il dettaglio delle attività didattiche all'interno dei vari curricula di tipo “F”. Per ogni curriculum i corsi che sono accompagnati da “curr” nella penultima colonna nelle relative tabelle sono quelli attivati per il curriculum. I corsi che riportano “fond” nella penultima colonna sono fondamentali, ovvero obbligatori per il curriculum. I corsi che riportano la dizione “racc” sono quelli raccomandati agli studenti per l'inserimento nel Piano di Studio. I corsi di laboratorio sono riconoscibili per “lab” nella penultima colonna.

I corsi che riportano due valori di crediti separati, di cui il primo superiore al secondo, sono articolati in una parte introduttiva, cui segue una parte di approfondimenti; il valore di crediti superiore si riferisce al corso completo e quello inferiore alla parte introduttiva. La prima parte del corso viene indicata con il nome dell'insegnamento seguito da o (Introduzione) o (Fondamenti). Lo studente può essere

accreditato esclusivamente, a seconda del Piano di studio approvato, o per il complesso dei crediti o per quelli riguardanti la prima parte.

Gli insegnamenti di un certo curriculum che in una determinata tabella riportano nella penultima colonna lo stesso numero consentono un accertamento contestuale dell'apprendimento per l'assegnazione dei crediti complessivi.

### **13.2 Curricula attivati di tipo "T"**

Nell'Allegato B si riporta il dettaglio delle attività didattiche all'interno dei vari curricula di tipo "T".

Per gli attributi dei corsi riportati in tabella vedasi il punto 13.1.

Si ricorda che lo studente di questi curricula deve avere acquisito 6 CFU di FIS/05 nella tipologia b) sul complesso dei 300 CFU.

## **14. Verifica dell'efficacia didattica**

Ogni titolare di insegnamento è invitato a sorvegliare l'efficacia didattica del proprio corso, in particolare:

- valutando, durante le lezioni e le esercitazioni del corso, il livello di rispondenza degli studenti e la loro preparazione iniziale;
- registrando il numero degli studenti che entro un anno solare dalla data di fine corso hanno superato l'esame e confrontando tale numero con quello di coloro che hanno frequentato le lezioni del corso.

Se il docente rileva problemi riguardo a questi o ad altri aspetti comunque attinenti al proprio corso, sarà sua cura segnalarli al Corso di Laurea Specialistica e alla Commissione Didattica paritetica, fornendo una relazione mirata a individuare le possibili cause del problema, nonché a suggerire possibili interventi.

Dopo l'ultimo appello di settembre di ogni anno accademico, la Commissione Didattica paritetica, in collaborazione con i docenti dei corsi, presenta una valutazione sulla efficacia della didattica predisposta nell'anno accademico precedente e la illustra al primo Consiglio di Corso di Laurea Specialistica successivo. Anche sulla base di questa relazione, il Consiglio di Corso di Laurea Specialistica introduce nel successivo Manifesto del Corso di Laurea Specialistica le modifiche ritenute più adatte a migliorare la qualità dell'offerta didattica.

## ALLEGATO A

### Curriculum "Astrofisica":

Il Curriculum di Astrofisica è strutturato con il principale obiettivo di assicurare allo studente una elevata padronanza sia di metodi e contenuti scientifici avanzati che di adeguate conoscenze professionali e la capacità di svolgere ruoli di responsabilità nella ricerca. Lo studente dovrà acquisire conoscenze di base sull'astronomia classica e moderna, sulla fisica solare e stellare, sulla astrofisica galattica ed extragalattica, sulla cosmologia. Inoltre dovrà familiarizzarsi con le tecniche relative all'uso di strumenti per lo studio degli oggetti celesti nelle diverse regioni spettrali, nonché con le tecniche per l'analisi delle immagini e il trattamento statistico dei dati. L'attività di ricerca verso la quale lo studente viene indirizzato si svolge, in ambito fiorentino, presso il Dipartimento di Astronomia e Scienza dello Spazio e presso l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) - Osservatorio Astrofisico di Arcetri. Potrà svolgere periodi di stage presso gli Osservatori e Enti di ricerca Italiani e stranieri. Le conoscenze acquisite potranno servire sia per l'accesso al Dottorato di Ricerca in Astronomia che per l'inserimento in enti di ricerca a carattere astronomico e spaziale (Osservatori, Istituti CNR, Agenzie Spaziali), nonché nelle industrie del settore spaziale o attive nel campo dell'informatica, del software, dei metodi numerici avanzati.

Lo studente di questo curriculum presenta un Piano di Studio che per i 42 crediti di tipo b) è organizzato secondo i suggerimenti di questo Manifesto e secondo le informazioni fornite dai docenti del curriculum sugli insegnamenti che saranno attivati nel successivo anno accademico.

Segue l'elenco degli insegnamenti del curriculum attivati nell'a.a. 2006-2007:

Tipologia	Titolo	CFU	ssd	Note	Trimestre
b	Astrofisica (+ Introduzione)	6,3	FIS/05	curr,fond,1	I
b	Astrofisica delle alte energie (+ Introduzione)	6,3	FIS/05	curr,3	III
b	Astronomia (+ Introduzione)	6,3	FIS/05	curr,fond,1	II
b	Fisica del mezzo interstellare	3	FIS/05	curr,4	III
b	Fisica del plasma	3	FIS/03	curr,fond,5	II
b	Fisica solare (Introduzione)	3	FIS/05	curr	III
b	Laboratorio di astrofisica I	6	FIS/05	curr,fond,lab,2	I
b	Laboratorio di astrofisica II	6	FIS/05	curr,fond,lab,2	III
b	Plasmi astrofisici	3	FIS/05	curr,fond,5	III
b	Spettroscopia astronomica	6	FIS/05	curr	I
b	Storia dell'astronomia	3	FIS/08	curr	II
b	Rivelatori per lo spazio B	3	FIS/05		III
b	Metodi matematici-Compl. (Introduzione)	3	FIS/02	racc	I
b	Tecniche computazionali per l'astrofisica	3	FIS/05	curr	I

## Curriculum "Fisica Teorica":

Il curriculum di "Fisica Teorica" presenta un percorso formativo mirato a una preparazione nel campo della fisica teorica delle particelle elementari, della fisica teorica nucleare e della fisica dei sistemi complessi. L'attività di ricerca verso la quale lo studente è indirizzato si svolge presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Firenze, la Sezione di Firenze dell'INFN e in centri di ricerca nazionale e esteri. Allo studente sarà chiesto di approfondire la preparazione degli strumenti matematici e fisici necessari alla formalizzazione delle teorie fisiche nonché quella degli aspetti fenomenologici sui quali tali teorie sono basate. La formazione così conseguita può servire per il completamento formativo in previsione del Dottorato di ricerca in Fisica in Italia o all'estero o per trovare una collocazione professionale nell'ambito degli enti di ricerca sia pubblici che privati.

Lo studente di questo curriculum presenta un Piano di Studio che per i 42 crediti di tipo b) è organizzato secondo i suggerimenti di questo Manifesto e le informazioni fornite dai docenti del curriculum sugli insegnamenti che saranno attivati nel successivo anno accademico.

Segue l'elenco degli insegnamenti del curriculum attivati nell'a.a. 2006-2007:

Tipologia	Titolo	CFU	ssd	Note	Trimestre
b	Metodi matematici-Complementi (+ Introduzione)	6, 3	FIS/02	fond,curr	I
b	Meccanica statistica I	6	FIS/02	fond,curr	III
b	Meccanica statistica II	6	FIS/02	curr, racc	I
b	Relatività	6	FIS/02	fond,curr	III
b	Elettrodinamica quantistica	6	FIS/02	fond,curr	II
b	Teoria dei campi	6	FIS/02	curr, racc	I
b	Teoria dei sistemi a molti corpi	6	FIS/02	curr, racc	II
b	Fisica del plasma di quark e gluoni A/B	3/3	FIS/04		III
b	Fondamenti della fisica	3	FIS/08		II
b	Storia della fisica A	3	FIS/08		II
b	<i>Un corso a scelta tra quelli del settore FIS/02</i>	6		curr, racc	
b	<i>Un corso fenomenologico a scelta tra quelli dei settori FIS/01, FIS/02-05, FIS/07</i>	6		racc	
b	<i>Un corso di laboratorio a scelta tra quelli dei settori FIS/01, FIS/03-05, FIS/07</i>	6		racc	

## Curriculum "Fisica Nucleare e Subnucleare":

Il Curriculum "Fisica Nucleare e Subnucleare" presenta un percorso formativo mirato a una preparazione nel campo della fisica sperimentale nucleare, subnucleare e, in generale, delle interazioni fondamentali. L'attività di ricerca alla quale lo studente viene indirizzato è di norma quella che si svolge in questi campi presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Firenze e nelle Sezioni e Laboratori dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e i centri di ricerca nazionali ed esteri. È richiesto allo studente di approfondire la conoscenza dei metodi sperimentali utilizzati nel campo della Fisica nucleare e subnucleare, nonché di acquisire solide conoscenze fenomenologiche e basi teoriche nel

campo. Le conoscenze acquisite servono per il completamento formativo in previsione del Dottorato di ricerca in Fisica; inoltre le competenze nel campo dei dispositivi di rivelazione delle radiazioni ionizzanti e delle particelle, dei sistemi elettronici ed informatici sono utili per un inserimento nelle attività industriali, negli enti pubblici preposti ai rilievi ambientali e negli enti di ricerca.

Lo studente di questo curriculum presenta un Piano di Studio che per i 42 crediti di tipo b) è organizzato secondo i suggerimenti di questo Manifesto e le informazioni fornite dai docenti del curriculum sugli insegnamenti che saranno attivati nel successivo anno accademico.

Segue l'elenco degli insegnamenti del curriculum attivati nell'a.a. 2006-2007:

### Percorso nucleare

Tipologia	Titolo	CFU	ssd	Note	Trimestre
b	Fisica nucleare: Reazioni (+ Introd.)	6, 3	FIS/04	curr,fond	III
b	Fisica nucleare: Struttura A/B	3/3	FIS/04	curr,fond	I/II*
b	Laboratorio nucleare-subnucleare	6	FIS/04	curr,fond,lab	II
b	Laboratorio nucleare I A/B	3/3	FIS/04	curr,fond,lab	III
b	Metodi sperimentali di fisica nucleare (+ Introd.)	6, 3	FIS/04	curr	I
b	Radioattività (Introduzione)	3	FIS/04	curr	II
b	Collisioni tra ioni pesanti A	3	FIS/04	curr	II*
b	Materia nucleare A	3	FIS/04	curr	I*
b	Un modulo a scelta fra quelli del percorso subnucleare	3	FIS/04	racc	
b	Metodi matem.-Compl. (Introd.)	3	FIS/02	racc	I
b	Un modulo di laboratorio di altro curriculum	6	FIS/01-03 -05-07	racc,lab	

\*Allo studente è consigliato di seguire questo corso al II anno.

### Percorso subnucleare

Tipologia	Titolo	CFU	ssd	Note	Trimestre
b	Fisica subnucleare (+ Introduzione)	6, 3	FIS/04	curr,fond	I*
b	Fisica delle particelle elementari (+ Introduzione)	6, 3	FIS/04	curr,racc	III
b	Laboratorio nucleare-subnucleare	6	FIS/04	curr,fond,lab	II
b	Laboratorio subnucleare I A/B	3/3	FIS/04	curr,fond,lab	III
b	Raggi cosmici (+ Introduzione)	6, 3	FIS/04	curr	III
b	Tecniche di programmazione e analisi dati	6, 3	FIS/04	curr	II
b	Fisica del plasma di quark e gluoni A/B	3/3	FIS/04	curr	III
b	Metodi matem.-Compl. (Introd.)	3	FIS/02	racc	I
b	Un modulo a scelta fra quelli del percorso nucleare	3	FIS/04	racc	

\*Allo studente è consigliato di seguire questo corso al II anno.

Il curriculum suggerisce che l'assegnazione dei 9 CFU di tipologia f) avvenga tramite stage presso le strutture (Sezioni o Laboratori Nazionali) dell'INFN o presso laboratori di ricerca nazionali o esteri che operano nel campo della ricerca nucleare o subnucleare.

### Curriculum "Fisica della Materia":

Il curriculum di Fisica della Materia presenta un percorso formativo mirato a una preparazione nei campi della fisica atomica e molecolare, della fisica dei laser, dell'ottica classica e quantistica, della fisica dei sistemi disordinati e della fisica dello stato solido, sia dal punto di vista sperimentale che dal punto di vista teorico. L'attività di ricerca relativa a questi campi della fisica, ai quali lo studente viene indirizzato, si svolge nell'ambito fiorentino presso il Dipartimento di Fisica, la sezione ed i laboratori dell'Istituto Nazionale di Fisica della Materia ed in centri di ricerca nazionali ed internazionali quali il LENS, l'INOA e gli istituti del CNR. In questi ambienti di ricerca allo studente viene richiesto di approfondire sia le conoscenze tecniche e sperimentali che quelle teoriche, partecipando, particolarmente nell'ambito dello svolgimento delle tesi di laurea, a ricerche in corso. I corsi relativi alla fisica della materia provvedono a dare una solida preparazione nei settori di interesse che rappresenta una fondamentale premessa per l'eventuale proseguimento degli studi nei corsi di dottorato o per l'inserimento nelle attività produttive industriali ad alto contenuto tecnologico o nelle attività di ricerca negli enti pubblici e privati. Possibili sbocchi professionali possono essere individuati anche in strutture dedicate allo studio e alla conservazione dei beni culturali o ambientali, strutture sanitarie o nel campo dell'informatica e delle sue numerose applicazioni.

Lo studente di questo curriculum presenta un Piano di Studio che per i 42 crediti di tipo b) è organizzato secondo i suggerimenti di questo Manifesto e le informazioni fornite dai docenti del curriculum sugli insegnamenti che saranno attivati nel successivo anno accademico.

Segue l'elenco degli insegnamenti del curriculum attivati nell'a.a. 2006-2007:

Tipologia	Titolo	CFU	ssd	Note	Trimestre
b	Fisica atomica	6	FIS/03	curr,fond	II
b	Fisica dello stato solido e della materia condensata	9	FIS/03	curr,fond	II
b	Laboratorio di fisica della materia I	6	FIS/03	curr,fond,lab	I
b	Laboratorio di fisica della materia II	6	FIS/03	curr,fond,lab	III
b	Elettronica quantistica A/B	3/3	FIS/03	curr	I
b	Fisica criogenica	6	FIS/03	curr	III
b	Fisica delle basse temperature	6	FIS/03	curr	II
b	Fisica degli stati condensati (+Introduzione)	6,3	FIS/03	curr	I
b	Fisica dei dispositivi elettronici A	3	FIS/03	curr	I
b	Fisica dei liquidi A/B	3/3	FIS/03	curr	I
b	Fisica delle nanostrutture	3	FIS/03	curr	I
b	Meccanica statistica I	6	FIS/02	curr	III
b	Ottica (+ Introduzione)	6,3	FIS/03	curr	II
b	Ottica quantistica A/B	3/3	FIS/03	curr	III
b	Metodi matem.-Compl. (Introduzione)	3	FIS/02	racc	I

### Curriculum "Fisica Applicata":

Il curriculum di Fisica Applicata ha l'obiettivo specifico di fornire le conoscenze generali, e quelle operative, per svolgere ricerca e attività professionale di fisica applicata ai beni culturali, ambientali, alla biologia, alla medicina e ad altri campi nei quali le tecnologie fisiche rivestono un ruolo di

importanza primaria. Lo studente dovrà acquisire la conoscenza approfondita delle metodologie fisiche di indagine specifiche delle varie applicazioni e la loro padronanza strumentale, in particolare nel campo della propagazione delle onde elettromagnetiche nei mezzi, della radiazione elettromagnetica coerente, della fisica nucleare e dell'acustica. Dovrà inoltre acquisire una buona conoscenza operativa delle procedure sia hardware che software di raccolta, elaborazione ed analisi dati e di quelle di modellizzazione dei sistemi e dei processi fisici implicati. A questo scopo lo studente dovrà acquisire conoscenze interdisciplinari atte a fornire la capacità di rapportarsi alle altre discipline nell'ambito delle quali si svolgono le applicazioni fisiche. Le conoscenze acquisite potranno servire da un lato per l'inserimento nei Dottorati di ricerca connessi alle tematiche di interesse, dall'altro per intraprendere attività lavorative sia in strutture pubbliche che private: enti di tutela ambientale e del patrimonio culturale, enti di ricerca, industria e aziende sanitarie (a seguito di ulteriore percorso formativo in scuole di specializzazione).

Lo studente di questo curriculum presenta un Piano di Studio che per i 42 crediti di tipo b) è organizzato secondo i suggerimenti di questo Manifesto e le informazioni fornite dai docenti del curriculum sugli insegnamenti che saranno attivati nel successivo anno accademico.

Segue l'elenco degli insegnamenti del curriculum attivati nell'a.a. 2006-2007:

Tipologia	Titolo	CFU	Ssd	Note	Trimestre
b	Laboratorio di strumentazioni fisiche	12	FIS/07	fond,curr,lab	I+II
b	Fisica dei dispositivi elettronici A	3	FIS/03	racc	I
b	Fisica delle nanostrutture	3	FIS/03	racc	I
b	Fisica sanitaria (+ Introduzione)	6,3	FIS/07	curr	III
b	Metodologie fisiche per i beni culturali	3	FIS/07	curr	III
b	Onde elettromagnetiche:applicazioni A/B	3/3	FIS/07	curr	II
b	Optoelettronica A	3	FIS/07	curr	III
b	Ottica (+ Introduzione)	6,3	FIS/03	curr	II
b	Ottica biomedica e applicazioni A	3	FIS/07	curr	III
b	Tecnologie del vuoto	3	FIS/01	curr	III
b	Metodi matematici-Compl. (Introduzione)	3	FIS/02	racc	I

## ALLEGATO B

### Curriculum “Elettronico, cibernetico e tecnologico”

Il curriculum presenta un quadro formativo mirato a fornire una preparazione elettronico-tecnologica *a largo spettro*, ovvero caratterizzata da competenze nel campo delle più recenti tecniche elettroniche e informatiche utilizzate nelle misure di fisica, nella elaborazione dei dati sperimentali e nel controllo dei processi, nonché nel campo dei metodi di rivelazione di radiazioni ionizzanti, di particelle e di onde gravitazionali, nell'utilizzo di tecniche interferometriche, di vuoto e criogeniche. Questo curriculum assicura la preparazione di base in elettronica e informatica necessaria per la progettazione, la realizzazione e la gestione di apparati ad alto contenuto tecnologico e innovativi, da utilizzare nel campo della ricerca di base, delle applicazioni mediche e industriali. Lo studente del curriculum “Elettronico, cibernetico e tecnologico” potrà svolgere periodi di stage in laboratori di ricerca, pubblici o privati, sia italiani che stranieri. Questo curriculum offre una preparazione adeguata per l'inserimento nei moltissimi settori in cui le tecniche elettroniche, cibernetiche e fisico-tecnologiche sono di primaria importanza, sia nel campo dei servizi e delle applicazioni industriali, sia nella ricerca scientifica. Le conoscenze acquisite potranno permettere al laureato sia l'accesso ai Dottorati di ricerca, sia l'inserimento nel ruolo tecnologico negli enti di ricerca (INFN, INFN, CNR, etc.), nonché nelle industrie attive nel campo delle tecnologie avanzate.

Lo studente di questo curriculum presenta un Piano di Studio che per i 36 crediti di tipo b) è organizzato secondo i suggerimenti di questo Manifesto e le informazioni fornite dai docenti del curriculum sugli insegnamenti che saranno attivati nel successivo anno accademico.

Segue l'elenco degli insegnamenti del curriculum attivati nell'a.a. 2006-2007:

Tipologia	Titolo	CFU	Ssd	Note	Trimestre
b	Elettronica generale I *	6	FIS/01	curr,fond,lab	I
b	Elettronica generale II *	6	FIS/01	curr,fond,lab	II
b	Criogenia I	3	FIS/01	curr non attivato	Mutua parz. Fisica criogen.
b	Fisica dei dispositivi elettronici A	3	FIS/03	racc	I
b	Fisica delle nanostrutture	3	FIS/03	racc	I
b	Formazione e rivelazione dei segnali	6	FIS/01	curr,lab non attivato	Sostituibile con Elettr. gen. I
b	Laboratorio nucleare-subnucleare	6	FIS/04	racc,lab	II
b	Laboratorio nucleare I A/B	3/3	FIS/04	racc,lab	III
b	Laboratorio subnucleare I A/B	3/3	FIS/04	racc,lab	III
b	Metodi sperimentali di fisica nucleare (+ Introd.)	6, 3	FIS/04	curr,3	I
b	Sistemi di acquisizione dati	6	FIS/01	curr,lab	III
b	Tecnologie del vuoto	3	FIS/01	curr	III
b	Metodologie fisiche per i beni culturali	3	FIS/07	racc	III
b	Laser ed applicazioni	6	FIS/01		III
b	Tecnologie fisiche per i beni culturali	6	FIS/07		III
b	Tecnologie spaziali	6	FIS/01		II
b	Tecniche di rivelatori per radiazione ionizzante	6	FIS/01		II

\* L'insegnamento di Elettronica generale I non è propedeutico a quello di Elettronica generale II

### Curriculum "Tecnologie Ottiche"

Il curriculum in Tecnologie Ottiche presenta un percorso formativo mirato ad assicurare allo studente un'elevata padronanza nei campi dell'ottica classica, dell'interferometria ed olografia, della radiometria e colorimetria, della propagazione guidata, dell'elettronica ed optoelettronica, dell'informatica, della produzione e rivelazione di radiazioni non ionizzanti e della spettroscopia ottica. Inoltre lo studente dovrà familiarizzarsi con le tecniche relative alla progettazione, realizzazione e collaudo di sistemi ottici complessi (come sorgenti laser, strumenti telescopici e microscopici, sistemi a fibre ottiche, rivelatori a basso rumore, apparecchi per l'analisi non distruttiva di forma e composizione, apparecchi illuminanti, ecc.) ed alle loro applicazioni nei campi della biomedicina, dei beni culturali ed ambientali, del controllo di processo industriale, della trasmissione ed elaborazione di informazione con tecniche ottiche e della analisi di materiali con tecniche spettroscopiche.

Potrà svolgere periodi di stage in laboratori specializzati (Università, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto Nazionale di Ottica Applicata, LENS, ecc.) e industrie del settore. Le conoscenze acquisite potranno servire sia per l'accesso al Dottorato di ricerca che per l'inserimento in enti di ricerca e industrie che abbiano attività nel settore dell'ottica e delle sue applicazioni.

Lo studente di questo curriculum presenta un Piano di Studio che per i 36 crediti di tipo b) è organizzato secondo i suggerimenti di questo Manifesto e le informazioni fornite dai docenti del curriculum sugli insegnamenti che saranno attivati nel successivo anno accademico.

Segue l'elenco degli insegnamenti del curriculum attivati nell'a.a. 2006-2007:

Tipologia	Titolo	CFU	Ssd	Note	Trimestre
b	Laboratorio di fisica della materia I	6	FIS/03	curr,fond, lab	I
b	Laboratorio di ottica A	3	FIS/07	curr, fond, lab	I - Mutua parz. Laboratorio di strum. fisiche
b	Laboratorio di ottica B	3	FIS/07	curr, fond, lab	II
b	Optoelettronica A	3	FIS/07	curr, fond	III
b	Ottica (+ Introduzione)	6,3	FIS/03	curr, fond	II
b	Onde elettromagnetiche:applicazioni A/B	3/3	FIS/07	racc	II
b	Olografia e trattamento ottico delle immagini A	3	FIS/07	curr	III
b	Ottica biomedica e applicazioni A	3	FIS/07	curr	III
b	Fisica delle nanostrutture	3	FIS/03		I
b	Elettronica quantistica A	3	FIS/03		I
b	Ottica quantistica A/B	3/3	FIS/03		III
b	Ottica non lineare	3	FIS/03	non attivato	Sostituibile con Elettronica quantistica B

### Curriculum "Tecnologie Spaziali":

Il Curriculum in Tecnologie Spaziali è strutturato in modo tale da fornire allo studente una solida preparazione finalizzata sia ad ottenere una elevata padronanza di metodi e contenuti scientifici avanzati, che alla progettazione e realizzazione di apparati spaziali; il laureato dovrà essere in grado di svolgere ruoli di piena responsabilità nello sviluppo di tecnologie innovative e nella progettazione

e gestione di strumentazione complessa utilizzabile nello spazio.

A seconda del percorso scelto, lo studente dovrà acquisire conoscenze di base di astronomia, di astrofisica, di fisica delle particelle e dei raggi cosmici. Inoltre viene richiesto un approfondimento delle conoscenze delle varie metodologie utilizzate nelle tecnologie spaziali, nel campo dell'elettronica, della meccanica, dell'ottica, della criogenia, nella rivelazione di radiazione e di particelle e nella trasmissione ed elaborazione dei dati.

Lo studente potrà svolgere periodi di stage in osservatori e laboratori specializzati sia italiani che stranieri. Le conoscenze acquisite potranno permettere al laureato sia l'accesso al Dottorato di ricerca in Fisica o Astronomia, sia l'inserimento in enti di ricerca a carattere astronomico, spaziale e nucleare (Osservatori, Istituti CNR, Agenzie Spaziali, INFN), nonché nelle industrie del settore spaziale o attive nel campo dell'informatica, del software e dei metodi numerici avanzati.

Per il curriculum di tecnologie spaziali si prevedono 2 percorsi che coprono tutti gli interessi nell'ambito spaziale dell'Università di Firenze e degli altri istituti di ricerca fiorentini. I percorsi sono:

A. Astrofisica

B. Particelle e Raggi cosmici

Lo studente di questo curriculum presenta un Piano di Studio che per i 36 crediti di tipo b) è organizzato secondo i suggerimenti di questo Manifesto e le informazioni fornite dai docenti del curriculum sugli insegnamenti che saranno attivati nel successivo anno accademico.

Segue l'elenco degli insegnamenti del curriculum attivati nell'a.a. 2006-2007.

Quando il corso è specifico di un particolare percorso, viene posta la lettera corrispondente nelle note (la divisione in percorsi è opzionale). Gli insegnamenti fondamentali per tutti i percorsi sono i primi tre.

Tipologia	Titolo	CFU	Ssd	Note	Trimestre
b	Formazione e rivelazione dei segnali	6	FIS/01	fond,lab non attivato	Sostituibile con Elettronica gen.I
b	Strumentazione elettronica	6	FIS/01	fond,lab non attivato	Sostituibile con Elettronica gen.II
b	Astronomia (+ Introduzione)	6,3	FIS/05	A,fond	II
b	Fisica subnucleare	6	FIS/04	B,fond	I
b	Tecniche astrofisiche	6	FIS/05	A, curr,fond,lab non attivato	Sostituibile con Lab. Astrofisica II
b	Astrofisica (+ Introduzione)	6, 3	FIS/05	A	II
b	Astrofisica delle alte energie (+ Introduzione)	6, 3	FIS/05	A	III
b	Criogenia I	3	FIS/01		Mutua parz. Fisica criogenica
b	Fisica solare (Introduzione)	3	FIS/05	A	III
b	Ottica (+ Introduzione)	6,3	FIS/03	racc	II
b	Raggi cosmici	6	FIS/04	B	III
b	Rivelatori per lo spazio B	3	FIS/05	curr,racc	III
b	Sistemi di acquisizione dati	6	FIS/01	lab	III
b	Tecnologie del vuoto	3	FIS/01		III

## ALLEGATO C

**Elenco dei corsi di tipologia c) (attività formative affini o integrative) attivati presso il Corso di Laurea Specialistica in Scienze Fisiche ed Astrofisiche.**

<b>Titolo Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>Settore</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Curriculum</b>
Astrobiologia (+Introduzione)	6,3	BIO/18	II	Astrofisica
Equazioni differenziali della fisica matematica (Introduzione)	3	MAT/07	II	Fisica Teorica
Teoria dell'informazione	6	INF/01	I semestre	Fisica Teorica
Applicazioni mediche della fisica nucleare (Introduzione)	3	MED/36	II	Fisica Nucleare Fisica Subnucleare
Molecole magnetiche (+Introduzione)	6,3	CHIM/03	III	Fisica Materia
Complementi di analisi	3	MAT/05	II	
Complementi di chimica II	3	CHIM/03	I	Elettr., cib. e tecn.
Complementi di geometria	3	MAT/03	II	
Chimica fisica	3	CHIM/02	I	Fisica Materia

## APPENDICE

### • Applicazioni mediche della fisica nucleare (Introduzione):

- titolare: Prof. A. Pupi
- anno di corso, tipologia, curriculum: I, c, Fisica nucleare e subnucleare
- periodo: II trimestre
- numero crediti, accredit., settore: 3, standard, MED/36
- programma sintetico: Le bio-immagini rappresentano una frontiera della clinica e della ricerca in medicina. La tradizionale rappresentazione spaziale della struttura interna degli organismi viventi è oggi affiancata dalla possibilità di rappresentare spazialmente l'entità dei consumi energetici e le specificità e cinetiche molecolari del corpo umano. Questo secondo tipo di immagini si apre ad applicazioni che presuppongono un corredo scientifico ampiamente interfacciato con conoscenze matematiche e fisiche. Pertanto il Corso si articola affiancando lezioni panoramiche di contenuto biologico a lezioni che approfondiscono argomenti tecnici, ed a dei laboratori, ovvero l'esposizione della metodologia di studio e dei risultati di problematiche specifiche delle immagini funzionali. L'obbiettivo didattico principale è l'applicazione del patrimonio matematico e fisico alle immagini funzionali e molecolari, che sarà oggetto della valutazione finale. Le parti biologiche hanno la funzione di far comprendere l'importanza di questo tipo di immagini nella realtà clinica e di ricerca.

### •Astrobiologia (+Introduzione):

- titolare: Prof. E. Gallori, Prof. S. Aiello
- anno di corso, tipologia, curriculum: I, c, Astrofisica
- periodo: II trimestre
- numero crediti, accredit., settore: 6(,3), standard, BIO/18
- programma sintetico: Origine dell'Universo. Origine degli elementi. Gli elementi biogenici. Il mezzo interstellare. Meteoriti, micrometeoriti e comete come sorgenti della materia organica sulla Terra primitiva. Natura e proprietà dell'ambiente terrestre ancestrale. Le strutture e i meccanismi molecolari della chimica prebiotica. Il mondo ad RNA. Definizione di vita a livello funzionale e strutturale. Ipotesi sull'origine della vita. La vita negli ambienti estremi. La ricerca della vita nell'Universo.

### •Astrofisica (+Introduzione):

- titolare: Prof. C. Chiuderi
- anno di corso, tipologia, curriculum: I, b, Astrofisica
- periodo: I trimestre
- numero crediti, accredit., settore: 6(,3), standard, FIS/05
- programma sintetico: Complementi sulla formazione, struttura ed evoluzione stellare: instabilità gravitazionale, fasi pre- e post- sequenza principale, stelle compatte, pulsars. (3 crediti) Sistemi stellari, struttura a spirale delle galassie. Processi radiativi in astrofisica. Complementi di cosmologia. (3 crediti)

### •Astrofisica delle alte energie (+Introduzione):

- titolare: Prof. F. Pacini
- anno di corso, tipologia, curriculum: I, b, Astrofisica
- periodo: III trimestre
- numero crediti, accredit., settore: 6(,3), standard, FIS/05

- *programma sintetico*: Richiami di elettrodinamica classica, con particolare riferimento ai processi di irraggiamento. Le ultime fasi della evoluzione stellare. Nane bianche, stelle neutroni Pulsars, sorgenti X compatte, resti di Supernovae. Raggi cosmici e processi di accelerazione per particelle di alta energia nel cosmo. Nuclei galattici attivi. Il corso è dedicato agli studenti di indirizzo astrofisico o comunque interessati ai fenomeni di alta energia nell'universo in relazione ad altri campi della fisica. Esso viene integrato da lezioni specificamente rivolte a illustrare i problemi di ricerca affrontati in questo campo attualmente.

• **Astronomia (+Introduzione):**

- *titolare*: Prof. M. Landini
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Astrofisica
- *periodo*: II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 6(3), standard, FIS/05
- *programma sintetico*: Le distanze degli oggetti celesti e le dimensioni del cosmo. La luminosità delle sorgenti celesti e i limiti di osservabilità. Meccanica celeste; le orbite dei pianeti e dei sistemi binari. La misura delle masse delle stelle. Perturbazioni, maree, precessioni. Il problema ridotto dei tre corpi; soluzioni di Lagrange, il lobo di Roche. Scambi di materia tra stelle doppie. Cinematica della Galassia; costanti di Oort. La struttura della Galassia.

• **Chimica fisica:**

- *titolare*: Prof. V. Schettino
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, c, Fisica della materia
- *periodo*: I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, CHIM/02
- *programma sintetico*: Struttura delle molecole. Orbitali molecolari. Il metodo del campo autoconsistente. Simmetria delle molecole. Teoria dei gruppi. Rappresentazioni. Classificazione di stati. Spettroscopia rotazionale di molecole lineari e di rotatori simmetrici. Vibrazioni delle molecole. Spettroscopie infrarossa e Raman. Le transizioni elettroniche nelle molecole. Transizioni vibroniche.

• **Collisioni tra ioni pesanti A:**

- *titolare*: Prof. A. Olmi
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: II, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo*: II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/04
- *programma sintetico*: Panoramica sui meccanismi di reazione in collisioni fra nuclei pesanti al variare dell'energia di bombardamento, con particolare riferimento alle collisioni ad energie intermedie o "di Fermi". Analisi di alcune problematiche di attualità riguardanti la dinamica e la "termodinamica" delle reazioni nucleari, in collisioni sia centrali che periferiche. Presentazione di alcuni apparati a grande angolo solido di ultima generazione, studio delle loro caratteristiche e discussione dei risultati con essi ottenuti.

• **Elettrodinamica quantistica:**

- *titolare*: Prof. G. Pettini
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica teorica
- *periodo*: II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 6, standard, FIS/02

- *programma sintetico*: Quantizzazione dei campi scalari, spinoriali e del campo elettromagnetico. Simmetrie. Elettrodinamica come teoria di gauge. Matrice S ed espansione perturbativa in diagrammi di Feynman. Calcoli di processi di scattering in elettrodinamica quantistica. Correzioni radiative e cenni sulla rinormalizzazione. Cenni sul modello elettrodebole.

•**Elettronica generale I:**

- *titolare*: Prof. R. D'Alessandro
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b (lab), Elettronico-cibernetico e tecn.
- *periodo*: I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 6, standard, FIS/01
- *programma sintetico*: Porte logiche, logica combinatoriale. Flip-flop, contatori, shift-register, state machines. Famiglie di dispositivi logici e complex programmable logic devices (CPLD). Simulazione e programmazione di dispositivi logici complessi.

•**Elettronica generale II:**

- *titolare*: Prof. M. Carlà
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b (lab), Elettronico-cibernetico e tecn.
- *periodo*: II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 6, standard, FIS/01
- *programma sintetico*: Circuiti analogici con feedback - Condizioni di stabilità - Elementi non lineari - Conversione di frequenza e modulazione - Applicazioni alla strumentazione elettronica - Simulazioni numeriche lineari e non lineari dei circuiti elettronici.

•**Elettronica quantistica A:**

- *titolare*: Prof. F. Marin
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica della materia
- *periodo*: I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/03
- *programma sintetico*: Principi di funzionamento e proprietà della radiazione laser. Risonatori ottici. Propagazione di fasci gaussiani. Equazioni di bilancio del laser a 3 e 4 livelli. Comportamento dinamico.

•**Elettronica quantistica B:**

- *titolare*: Prof. S. Cavalieri
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica della materia
- *periodo*: I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/03
- *programma sintetico*: Polarizzazioni non lineari. Fenomeni del secondo ordine: generazione di frequenza somma e differenza. Effetti del terzo ordine e di ordini superiori. Caratteristiche temporali e spettrali di impulsi.

•**Equazioni differenziali della fisica matematica (Introduzione) :**

- *titolare*: Prof. A. Fasano
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, c, Fisica teorica
- *periodo*: II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, MAT/07

- *programma sintetico*: Classificazione delle equazioni alle derivate parziali del secondo ordine lineari. Linee caratteristiche. Equazioni iperboliche (d'Alembert): soluzioni per serie di Fourier, metodo di Riemann, problema di Goursat. Equazioni ellittiche (Laplace, Poisson, funzioni armoniche); funzioni di Green, formule di rappresentazione, principi di massimo, rappresentazioni conformi. Equazioni paraboliche (Fourier): soluzioni autosimilari, principi di massimo, soluzioni fondamentali, funzioni di Green e di Neumann, relazione di salto, formule di rappresentazione.

•**Fisica atomica:**

- *titolare*: Prof. G. Tino  
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica della materia  
- *periodo*: II trimestre  
- *numero crediti, accredit., settore*: 6, standard, FIS/03  
- *programma sintetico*: Introduzione al corso: temi della fisica atomica contemporanea. Interazione degli atomi con la radiazione elettromagnetica. Struttura e spettri atomici. Spettroscopia atomica con radiazione laser. Fisica con atomi ultrafreddi

•**Fisica criogenica:**

- *titolare*: Prof. G. Ventura  
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica della materia  
- *periodo*: III trimestre  
- *numero crediti, accredit., settore*: 6, standard, FIS/03  
- *programma sintetico*: Tecniche del vuoto, crioliquidi, proprietà dei solidi a bassa temperatura, contatti e interruttori termici, refrigeratori, termometria, misure a bassa temperatura, applicazioni della criogenia.

•**Fisica degli stati condensati (+ Introduzione):**

- *titolare*: Prof. A. Cuccoli  
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica della materia  
- *periodo*: I trimestre  
- *numero crediti, accredit., settore*: 6(,3), standard, FIS/03  
- *programma sintetico*: Teoria elementare dello scattering: liquidi, gas e solidi; simmetria e strutture cristalline; ordine in sistemi uni- e bi-dimensionali; ordine magnetico. Termodinamica e meccanica statistica: fluidi omogenei; correlazione spaziale in sistemi classici; simmetria, parametro d'urto e modelli. Teoria di campo medio: teoria di Landau, transizione del primo e del secondo ordine. Esponenti critici, universalità e leggi di scaling. Funzioni di correlazione dinamiche e scattering anelastico. Sistemi magnetici e modelli di spin: eccitazioni elementari e proprietà termodinamiche. Introduzione ai metodi di simulazione numerica.

•**Fisica dei dispositivi elettronici A:**

- *titolare*: Prof. M. Gurioli  
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica della materia  
- *periodo*: I trimestre  
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/03  
- *programma sintetico*: Richiami di fisica dei solidi cristallini. Trasporto nei semiconduttori. Effetto Hall e misura di ciclotrone. Situazioni di fuori equilibrio ed iniezione di carica. Giunzioni p-n, giunzione metallo-semiconduttore. Fotodiodi e celle fotovoltaiche. Laser e LED. Giunzione

metallo ossido semiconduttore. Transistor bipolare e a effetto campo. MOSFET e applicazioni: memorie volatili e a rivelatori CCD.

•**Fisica dei liquidi A (liquidi complessi):**

- *titolare:* Prof.ssa C.M.C. Gambi
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica della materia
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Liquidi complessi: definizioni. Teoria di auto-associazione. Indagini di struttura tramite metodiche di scattering di luce laser, neutroni e raggi X. Fattore di forma, di struttura e potenziali di interazione. Processi dinamici: coefficiente di diffusione. Polimeri in soluzione: temperatura teta e concetto di buon solvente. Proteine in soluzione.

•**Fisica dei liquidi B (fasi metastabili):**

- *titolare:* Prof. R. Torre
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica della materia
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Introduzione generale alle fasi di equilibrio e non-equilibrio nei liquidi complessi. Definizione delle grandezze termodinamiche e dinamiche, e loro connessione con le osservabili sperimentali. Modelli teorici: idrodinamica generalizzata, funzioni memoria e modi accoppiati. Introduzione allo studio sperimentale della dinamica dei liquidi, mediante esperimenti di spettroscopia ottica lineare e non-lineare risolta nel dominio delle frequenze e dei tempi.

•**Fisica della materia – Complementi I:**

- *titolare:* Prof. V. Tognetti
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Formazione di base
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/03
- *programma sintetico:* I gas quantistici. Effetti quantistici. Lo stato solido. Le vibrazioni nei solidi. Assorbimento dovuto ai fononi. Strutture cristalline. Lo scattering dei raggi x. Elettroni nei cristalli. Coefficienti di trasporto. La conducibilità elettrica. La conducibilità termica.

•**Fisica della materia – Complementi II:**

- *titolare:* Prof. V. Tognetti
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Formazione di base
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Lo stato liquido. Funzione di struttura. Meccanica statistica dei liquidi classici. I coefficienti del viriale. Dinamica dei liquidi. Proprietà magnetiche della materia. Il magnetismo forte. Il campo molecolare. Eccitazioni magnetiche. Termodinamica del ferromagnete. Risonanza magnetica. Interazione di "radiazione" con la materia. Funzioni di correlazione.

•**Fisica delle basse temperature:**

- *titolare:* Prof. S. De Gennaro
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica della materia
- *periodo:* II trimestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/03
- *programma sintetico:* 1) Fondamenti dello stato solido: Proprietà elettroniche dei solidi, vibrazioni reticolari e proprietà fononiche, interazione elettrone-fonone, proprietà di trasporto. Proprietà magnetiche.
- 2) Superconduttività, superfluidità e criogenia. Superfluidità dell'elio-4. Produzione delle basse temperature e termometria.

● **Fisica delle nanostrutture:**

- *titolare:* Prof. M. Colocci
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica della materia
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Eterogiunzioni e ingegnerizzazione del band gap. Nanostrutture a confinamento quantistico. Pozzi, fili e punti quantici. Laser a doppia eterogiunzione, a QW e a QD. Coulomb Blockade e transistor a singolo elettrone. Emittitore di singolo fotone. Dispositivi a effetto tunnel, HFET e dispositivi balistici. Laser a cascata quantica.

● **Fisica delle particelle elementari (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. E. Celeghini
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), standard, FIS/04
- *programma sintetico:* Fenomenologia e teoria della Fisica delle Alte Energie. Principi di invarianza e leggi di conservazione. Interazioni forti, elettromagnetiche e deboli. QCD e Modello Standard. Teoria dei gruppi e sue applicazioni alla fisica delle particelle. SO(3), Lorentz e Poincarè. SU(3), sapore e colore.

● **Fisica dello stato Solido e della materia condensata:**

- *titolare:* Prof. A. Rettori, Prof. F. Barocchi
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica della materia
- *periodo:* II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 9, standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Scattering, strutture e simmetrie. Costanti elastiche dei solidi. Fononi. Struttura a bande nei solidi. Proprietà di trasporto. Semiconduttori. Proprietà dei dielettrici. Magnetismo: transizioni di fase, eccitazioni elementari in ferromagneti ed antiferromagneti. Introduzione alla superconduttività. Richiami di meccanica statistica classica. Potenziali di interazione microscopici. Proprietà statiche, equazione di stato, funzione di correlazione a coppie  $g(r)$ . Approssimazioni per la  $g(r)$ . Proprietà dinamiche fondamentali in liquidi semplici. Metodi sperimentali di diffusione della radiazione per la determinazione di proprietà di liquidi

● **Fisica del mezzo interstellare:**

- *titolare:* Prof. M. Perinotto
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Astrofisica
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/05

- *programma sintetico*: Le componenti del mezzo interstellare in fase gassosa e fase solida. Loro proprietà e distribuzione nelle Galassie. I processi fisici che presiedono alla formazione del loro spettro di radiazione. Interpretazione degli spettri in termini di proprietà fisiche e chimiche. Ruolo del mezzo interstellare nell'evoluzione stellare : dalla formazione stellare all'evoluzione chimica delle Galassie.

•**Fisica del plasma:**

- *titolare*: Prof. C. Chiuderi
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Astrofisica
- *periodo*: II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/03
- *programma sintetico*: Definizione di plasma. Moti di una particella singola. Descrizione cinetica di un plasma. Descrizione fluida (magnetoidrodinamica) di un plasma. Equilibrio e stabilità. Onde nei plasmi. Smorzamento di Landau.

•**Fisica del plasma di quark e gluoni A:**

- *titolare*: Prof. R. Casalbuoni
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica nucleare e subnucleare, Fisica teorica
- *periodo*: III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/04
- *programma sintetico*: Introduzione alla QCD. Motivazioni fenomenologiche. Cenni alle teorie di campo a temperatura finita. La teoria di Landau delle transizioni di fase. QCD sul reticolo: rassegna dei risultati. Teorie effettive di QCD. La QCD a densità finita: gas di Fermi degenerare e superconduttività di colore.

•**Fisica del plasma di quark e gluoni B:**

- *titolare*: Prof. F. Becattini
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica nucleare e subnucleare, Fisica teorica
- *periodo*: III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/04
- *programma sintetico*: Descrizione generale della collisione di ioni pesanti a energie ultrarelativistiche. Modello di Glauber. Termodinamica e fluidodinamica relativistica. Gas adronico. Modelli cinetici. Segnature della formazione del plasma di quarks e gluoni: produzione di stranezza, soppressione della produzione del charmonio, perdita di energia dei partoni nel plasma. Flusso diretto ed ellittico.

•**Fisica nucleare: Reazioni (+Introduzione):**

- *titolare*: Prof. P.G. Bizzeti
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo*: III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 6(3), standard, FIS/04
- *programma sintetico*: Diffusione classica da potenziale centrale e trattazione semi-classica delle collisioni fra nuclei pesanti. Reazioni al di sotto dell'energia di Fermi. Processi profondamente anelastici. Processi di fusione-evaporazione e di fusione-fissione. Fissione sequenziale. Trasferimento di energia e di momento angolare. Modelli statistici: sezioni d'urto medie e fluttuazioni. La cascata evaporativa. Temperatura nucleare. Densità di livelli. Reazioni intorno e sopra l'energia di Fermi. Caratterizzazione degli eventi. Flusso trasversale. Fase iniziale della

reazione: correlazioni di intensità. Energia interna e temperatura. Equazione di stato nucleare. Cascata di collisioni fra nucleoni nel campo medio, modello BUU. Cenni sulle reazioni a energie relativistiche.

•**Fisica nucleare: Struttura A:**

- *titolare:* Prof. P.G. Bizzeti
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* II, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/04
- *programma sintetico:* Introduzione ai modelli nucleari. Modelli a particelle indipendenti. Modello a shell: campo medio, interazioni residue. Transizioni elettromagnetiche. Campo medio autoconsistente (modello di Hartree-Fock). Moti di particella singola e effetti collettivi.

•**Fisica nucleare: Struttura B:**

- *titolare:* Prof. P. Sona
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* II, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo:* II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/04
- *programma sintetico:* Generalità sui modelli collettivi. Il modello a bosoni interagenti e confronto con i dati sperimentali. Eccitazione coulombiana. Determinazione sperimentale di momenti magnetici e di quadrupolo elettrico di livelli nucleari.

•**Fisica nucleare e subnucleare - Complementi:**

- *titolare:* Prof. E. Iacopini
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Formazione di base
- *periodo:* II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/04
- *programma sintetico:* Introduzione alla fisica delle particelle: il muone, il pione, l'antimateria, il neutrino, le particelle strane, i quarks ed il Modello Standard. Introduzione alla cinematica relativistica: l'evento, le trasformazioni di Lorentz, il tempo e la lunghezza propria, la quadrivelocità, la quadriaccelerazione, il quadrimpulso. L'effetto Doppler, la riflessione da uno specchio in moto. L'urto elastico, l'effetto Compton, l'urto anelastico, la soglia di reazione, la massa traversa ed il picco jacobiano. Dinamica relativistica della carica elettrica in campi elettrici e magnetici uniformi e costanti disposti in modo qualsiasi. L'irraggiamento elettromagnetico in generale e negli acceleratori lineari e circolari in particolare. Processi d'urto: scattering classico da sfera rigida e coulombiano. Scattering non relativistico da potenziale: teoria di Lippmann-Schwinger, approssimazione di Born, il fattore di forma, sviluppo in onde parziali, il teorema ottico, la risonanza, l'ampiezza di scattering e l'indice di rifrazione.

•**Fisica sanitaria (+Introduzione):**

- *titolare:* Prof.ssa M. Bucciolini, Prof. F. Fusi
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica applicata
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(3), standard, FIS/07
- *programma sintetico:* Il campo di radiazione e le grandezze che lo caratterizzano. Interazioni delle radiazioni ionizzanti con la materia. Le grandezza dosimetriche e la loro misura (vari tipi di

dosimetri). Gli indicatori del rischio da radiazioni ionizzanti (radioprotezione). Sorgenti di radiazione per uso medico.

Generalità sulle immagini diagnostiche. Immagini RX analogiche e digitali. Tomografia computerizzata a raggi X. Tomografia per emissione. Risonanza Magnetica Nucleare.

Applicazioni dell'imaging e della spettroscopia alla medicina. Alcuni strumenti di uso comune. Sorgenti di luce e cenni sui fotorivelatori. Proprietà ottiche dei tessuti biologici. Interazione della luce con la materia biologica: cenni di fotobiologia

•**Fisica solare (Introduzione):**

- *titolare:* Prof. M. Romoli

- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Astrofisica

- *periodo:* III trimestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/05

- *programma sintetico:* Il Sole come stella. Strumentazione solare. Spettro solare continuo e di righe. Teoria del trasporto radiativo. Processi dinamici: Dopplergrammi, granulazione, supergranulazione, oscillazioni solari. Processi magnetici: ciclo di attività, magnetografi e magnetogrammi. Cromosfera e corona. Il vento solare. Brillamenti.

•**Fisica subnucleare (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. E. Iacopini

- *anno di corso, tipologia, curriculum:* II, b, Fisica nucleare e subnucleare

- *periodo:* I trimestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6(3), standard, FIS/04

- *programma sintetico:* Classificazione delle particelle, numeri quantici. Processi di decadimento. Distribuzioni d'energia dei frammenti nel cm. Distribuzioni angolari. Fattori di Forma. Triangolo di Dalitz. Spin e conservazione del momento angolare. Simmetrie discrete. Parità, Parità intrinseca, Coniugazione di carica, G parità, inversione temporale. Teorema TCP. Reazioni a due corpi. Elemento di matrice e regola d'oro di Fermi. Spazio delle fasi per 2 e 3 corpi. Sezione d'urto differenziale e totale. Trasformazione delle distribuzioni per trasformazioni di Lorentz.

I quark. Modello a partoni di Feynmann. Scattering profondamente inelastico (DIS) con elettroni e neutrini. Funzioni di struttura, variabili di Bjorken. Correnti neutre. Regole di somma. Carica elettrica dei quark. Violazioni di scala. Annichilazioni  $e^+e^-$ . Misura di R e scoperta del colore. Scoperte del leptone tau, dei gluoni e dei Jets. Funzione di frammentazione. Numero leptonic. Decadimento beta e la massa dei neutrini. Interazioni dei neutrini. Esperimento di Reines Cowan. Oscillazioni dei neutrini e violazione del numero leptonic. Violazioni della Parità, di C e di CP. Propagazione dei mesoni K neutri. Violazione di CP nel mescolamento. Matrice CKM di mescolamento dei quark. Misura degli elementi della matrice CKM. Violazione diretta di CP. Violazione di CP nel decadimento dei B. Triangolo d'unitarietà. Decadimenti rari dei mesoni K e dei mesoni B.

•**Fisica teorica - Complementi:**

- *titolare:* Prof. D. Dominici

- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Formazione di base

- *periodo:* I trimestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/02

- *programma sintetico:* Richiami di teoria della radiazione elettromagnetica. Campi di spostamento: fononi. Campo elettromagnetico: fotoni e loro quantizzazione in gauge di Coulomb. Interazione radiazione-materia: emissione, assorbimento, diffusione di fotoni. Stati condensati:

superfluidità, spettro fononico, cenni alla rottura spontanea di simmetrie. Stati relativistici: equazione di Dirac dell'elettrone e sue principali conseguenze.

•**Fondamenti della fisica:**

- *titolare:* Prof.ssa E. Castellani
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica teorica
- *periodo:* II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/02
- *programma sintetico:* Introduzione alla filosofia del tempo. Panoramica introduttiva sui seguenti punti centrali dell'attuale dibattito filosofico sul tema 'tempo': teorie dinamiche e teorie statiche del tempo; teorie tensesed e teorie tenseless del tempo; l'argomento di Mc Taggart e le tre metafisiche del tempo; le teorie del cambiamento e il dibattito tra tridimensionalisti e quadridimensionalisti, la freccia del tempo; i viaggi nel tempo.

•**Istituzioni di meccanica quantistica II:**

- *titolare:* Prof. G. Pettini
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Formazione di base
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/02
- *programma sintetico:* Sistemi di particelle identiche. Oscillatore armonico tridimensionale. Simmetrie della Hamiltoniana e degenerazione. Addizione di momenti angolari. Equazione di Schrodinger in un campo elettromagnetico. Moto di un elettrone in un campo magnetico costante. Risonanza magnetica. Approssimazione WKB. Metodo variazionale. Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo. Perturbazioni periodiche e risonanza. Regola d'oro di Fermi. Assorbimento ed emissione della luce nell'approssimazione di dipolo elettrico. Sezione d'urto e ampiezza di scattering nel caso stazionario. Metodo degli sfasamenti per lo scattering elastico. Approssimazione di Born.

•**Laboratorio di astrofisica I:**

- *titolare:* Prof. A. Righini
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Astrofisica
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/05
- *programma sintetico:* Posizione degli astri: sistemi di coordinate astronomiche, fenomeni che alterano le posizioni apparenti dei corpi celesti. Coordinate terrestri e coordinate celesti. Parallassi stellari. Risultati del satellite Hypparchos. - Richiami di ottica geometrica. Cenni al calcolo matriciale per lo studio dei sistemi ottici. Aberrazioni. Sistemi ottici dei telescopi astronomici. Funzione di risposta dei telescopi.. Descrizione dei principali telescopi esistenti. - Strumenti per la spettroscopia astronomica. Struttura di base di uno spettrografo. Casi particolari: spettroscopia nella banda XUV. Spettroscopia per correlazione. - Principi generali dell'ottica di Fourier. Teorema di Sommerfeld. Approssimazione di Fresnel e di Fraunhofer. Spettro angolare del campo di radiazione. Risposta impulsionale di uno strumento ottico nel caso coerente e nel caso incoerente. Funzione trasferimento ottico nei due casi. - Applicazioni. - Attività osservativa e di riduzione dati: Osservazione di un asteroide e determinazione della sua orbita. Osservazione di una variabile tipo SS Cygni, valutazione della sua magnitudine e del suo spettro. Osservazione di una galassia di Seyfert e valutazione del suo spettro. Studio di una radio sorgente utilizzando dati ottenuti al radiotelescopio di Medicina. Studio di una superficie ottica mediante l'interferometro di Shack.

Valutazione delle coordinate di un luogo mediante osservazioni astronomiche. Star Hops, osservazione visuale e fotografica di oggetti astronomici con il telescopio Celestron 14 del Dipartimento di Astronomia.

Gli argomenti trattati dal corso sono raccolti nelle dispense e in diversi CD-ROM in cui sono raccolti i contenuti informatici del corso.

•**Laboratorio di astrofisica II:**

- *titolare:* Prof. R. Stanga
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Astrofisica
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/05
- *programma sintetico:* Importanti risultati in Astrofisica sono stati ottenuti utilizzando dati raccolti con tecniche non tradizionali, sviluppate nel corso del XX secolo: Radioastronomia, e Astrofisica delle alte energie. Di queste tecniche tratterà il corso, con esperimenti in laboratorio, e con visite presso i laboratori rilevanti. Una particolare attenzione verrà riservata ad una nascente branca: la strumentazione per la rivelazione di onde gravitazionali, anche qui con esperimenti di laboratorio, e con visite al sito VIRGO di Cascina.

•**Laboratorio di fisica della materia I:**

- *titolare:* Prof. F. Marin
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica della materia
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Nel corso verranno illustrati strumenti e tecniche sperimentali, in particolare per spettroscopia, fisica dei laser, fotonica, ottica. Gli studenti eseguiranno esperienze di laboratorio con l'impiego di strumentazione d'avanguardia.

•**Laboratorio di fisica della materia II:**

- *titolare:* Prof.ssa A. Vinattieri
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica della materia
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Il corso è svolto su argomenti di spettroscopia ottica, con particolare riferimento alle tecniche di rivelazione impiegate nello studio delle proprietà ottiche dei solidi e ai laser ultraveloci. Gli studenti eseguono inoltre esperimenti, con impiego di strumentazione di ricerca, relativi ai semiconduttori, alla fotonica e alle nanostrutture .

•**Laboratorio di ottica B:**

- *titolare:* Prof. G. Cecchi
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Tecnologie ottiche
- *periodo:* II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/07
- *programma sintetico:* Sorgenti laser per il controllo dell'ambiente con tecniche di telerilevamento. Telerilevamento LIDAR: generalità, processi spettroscopici utilizzati, vari tipi di sensori LIDAR (DIAL, a diffusione elastica, a fluorescenza); Equazione del LIDAR; Applicazioni del LIDAR per il controllo dell'ambiente: atmosfera, ambiente marino, vegetazione, beni culturali.

•**Laboratorio di strumentazioni fisiche:**

- *titolare:* Prof. P. Blasi
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica applicata
- *periodo:* I+II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 12, standard, FIS/07
- *programma sintetico:* Misure di grandezze fisiche: misure di campi elettromagnetici nelle microonde e nell'infrarosso. Misure di grandezze nucleari: interazione con la materia di radiazioni di particelle ionizzanti e rivelatori. Propagazione della radiazione ottica nell'atmosfera.

•**Laboratorio nucleare I A/B:**

- *titolare:* Prof.ssa A. Giannatiempo, Prof. G. Casini
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3/3, standard, FIS/04
- *programma sintetico:* Approfondimento delle caratteristiche dei rivelatori di radiazione nucleare, a gas, a scintillazione e a stato solido. Svolgimento di esperimenti con rivelatori singoli o con più rivelatori operanti in coincidenza temporale.

•**Laboratorio nucleare-subnucleare:**

- *titolare:* Prof. N. Taccetti
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo:* II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/04
- *programma sintetico:* Interazione delle particelle con la materia. Perdita di energia collisionale. Perdita di energia radiativa. Curve di ionizzazione di Bragg. Range. Straggling. Scattering multiplo. Angolo medio di scattering. Interazione dei raggi X e  $\gamma$  con la materia. Coefficienti di attenuazione. Range. Rivelatori a scintillazione organici e inorganici. Fotomoltiplicatori. Statistica di rivelazione. Risposta all'elettrone singolo. Teorema di Ramo per il calcolo delle forme d'onda di corrente e di carica. Camere di ionizzazione. Contatori proporzionali. Rivelatori di particelle al Silicio. Rivelatori di raggi  $\beta$  e X al Silicio compensato con Litio. Rivelatori di raggi  $\gamma$  al Germanio iperpuro. Trasmissione dei segnali. Esempi di amplificatori di front-end e di amplificatori formatori. Elementi di rumore elettrico. Formazione lineare dei segnali. Principi della conversione analogico-digitale. Laboratorio: rilievo oscillografico delle forme d'onda di corrente e di carica dei rivelatori. Formazione dei segnali. Spettri di energia.

•**Laboratorio subnucleare I A/B:**

- *titolare:* Prof. M. Passaleva, Prof. O. Adriani
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3/3, standard, FIS/04
- *programma sintetico:* Approfondimento delle tecniche di rivelazione della Fisica Subnucleare. Rivelatori a gas. Rivelatori al silicio e loro applicazioni. Rivelatori di luce Cherenkov e di radiazione di transizione. Calorimetri elettromagnetici ed adronici. Sistemi per la misura del tempo di volo e per l'identificazione delle particelle.

●**Materia nucleare A:**

- *titolare:* Prof. A. Dellafiore
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* II, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/04
- *programma sintetico:* Proprietà della Materia Nucleare (M.N.). Legame con la formula semiempirica di massa. Compressibilità della M.N. e legame con quella dei nuclei. Equazione di stato della M.N. . Multiframmentazione e transizione di fase liquido-gas nella M.N..Applicazioni all'astrofisica.

●**Meccanica statistica I:**

- *titolare:* Prof. L. Casetti
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica teorica
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/02
- *programma sintetico:* Teoria degli insiemi statistici: operatore densità, postulati della meccanica statistica, insiemi statistici quantistici, limite classico. Applicazioni ed esempi. Transizioni di fase e fenomeni critici: potenziali termodinamici, singolarità delle funzioni termodinamiche, teoria di Lee e Yang. Transizioni continue e discontinue. Modello di Ising, rottura spontanea di simmetria, campo medio e teoria di Landau. Universalità, invarianza di scala, esponenti critici. Gruppo di rinormalizzazione.

●**Meccanica Statistica II:**

- *titolare:* Prof. R. Livi
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica teorica
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/02
- *programma sintetico:* Soluzione modello di Ising in 2D. Modello di Heisenberg, XY, Potts e sigma non lineare. Ising in campo random, metodo delle repliche, vetri di spin e rottura della simmetria di replica. Metodi MonteCarlo. Dinamica di Kawasaki e di Glauber per Ising. Moto browniano. Equazione di Langevin. Diffusione ed equazione di Fokker-Planck. Cammini aleatori. Teoria risposta lineare. Transizioni di fase fuori equilibrio.

●**Metodi matematici-Complementi (+Introduzione):**

- *titolare:* Prof. R. Giachetti
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica teorica
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(3), standard, FIS/02
- *programma sintetico:* 1) Gruppi. Gruppi finiti. Gruppi topologici. Rappresentazioni di un gruppo. 2) Gruppi di Lie connessi. Gruppo ricoprimento universale. Algebra di Lie di un gruppo di Lie. Rappresentazioni di un gruppo di Lie e della sua algebra di Lie. 3) Algebre di Lie solubili e nilpotenti. Algebre di Lie semisemplici. Forma di Killing. Spazi di radici. Matrici di Cartan e diagrammi di Dynkin. Classificazione delle algebre di Lie semplici. 4) Gruppi SU(2) e SU(3). Gruppi SO(3) e SU(2) e rappresentazioni. Isospin. Gruppo SU(3) e classificazione degli adroni. 5) Gruppo di Poincaré. Gruppo di Lorentz e  $SL(2, \mathbb{C})$  e rappresentazioni. Gruppo di Poincaré; rappresentazioni indotte. Classificazione delle rappresentazioni unitarie irriducibili del gruppo di Poincaré.

•**Metodi sperimentali di fisica nucleare (+Introduzione):**

- *titolare:* Prof.ssa A. Giannatiempo
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), standard, FIS/04
- *programma sintetico:* Strutture nucleari tipiche e loro evoluzione in funzione del numero dei nucleoni. Interpretazione nell'ambito dei vari modelli nucleari. Nuclei esotici e fasci radioattivi. Acceleratori di particelle. Reattori nucleari. Tecniche utilizzate in misure di spettroscopia nucleare.

•**Metodologie fisiche per i beni culturali:**

- *titolare:* Prof. M. Chiari
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica applicata
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/07
- *programma sintetico:* Tecniche di datazione diretta: <sup>14</sup>C: Principio, metodi di misura, problemi e limiti; Termoluminescenza: principio, metodo di misura, problemi e limiti. Tecniche "nucleari" per l'analisi di composizione dei materiali, nell'ambito dei Beni Culturali: Particle-Induced X-ray Emission (PIXE); Particle-Induced Gamma-ray Emission (PIGE); Backscattering di particelle (RBS); Fluorescenza X (XRF).

•**Molecole magnetiche (+Introduzione):**

- *titolare:* Prof.ssa R. Sessoli, Prof. D. Gatteschi
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, c, Fisica della materia
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), standard, CHIM/03
- *programma sintetico:* 1) Interazioni magnetiche in sistemi molecolari: livelli elettronici del singolo ione, interazione di scambio e dipolare, anisotropia magnetica. L'hamiltoniano di spin. 2) Tecniche di indagine nel magnetismo molecolare. Bistabilità ed isteresi in molecole magnetiche. Il processo di inversione della magnetizzazione. Rilassamento nel regime termicamente attivato e nel regime di tunnel quantistico. Prospettive ed applicazioni.

•**Olografia e trattamento ottico delle immagini A:**

- *titolare:* Prof. G. Molesini
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Tecnologie ottiche
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/07
- *programma sintetico:* L'olografia come registrazione di un fenomeno di interferenza, e restituzione per diffrazione. I reticoli olografici. Granulazione ottica ("speckles"); interferenza con onde piane. Caratteristiche delle sorgenti: coerenza e polarizzazione. Componenti, materiali, processi e configurazioni per olografia. Ologrammi piani e di volume, d'ampiezza e di fase. Elaborazione delle immagini: filtraggio e riconoscimento di caratteri.

•**Onde elettromagnetiche: applicazioni A/B:**

- *titolare:* Prof. G. Zaccanti
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica applicata
- *periodo:* II trimestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 3/3, standard, FIS/07
- *programma sintetico(A):* Le equazioni di Maxwell e il campo di onde vettoriali. Onde trasversali elettromagnetiche e onde evanescenti. La polarizzazione del campo e il vettore di Stokes. Diffrazione, fase stazionaria e onde sferiche TEM. Vettori di Hertz e irraggiamento. Regioni di Fraunhofer e Fresnel. Campo di dipolo e di sorgente estesa. Principio di equivalenza e teorema di unicità.
- *programma sintetico(B):* Propagazione attraverso mezzi torbidi: proprietà ottiche di un mezzo torbido. Metodi di misura delle proprietà ottiche. Relazioni statistiche e di scala nella propagazione in mezzi torbidi. Equazione del trasporto radiativo. Metodo di risoluzione numerica Monte Carlo. Mezzi molto torbidi: approssimazione della diffusione. Esempi di soluzione.

#### •**Optoelettronica A:**

- *titolare:* Prof. G.C. Righini
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica applicata, Tecnologie ottiche
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/07
- *programma sintetico:* Dispositivi optoelettronici per telecomunicazioni e sensoristica. Componenti microottici. Film sottili: deposizione e caratterizzazione. Fibre ottiche ed ottica integrata; processi di scambio ionico e di impiantazione ionica in vetro; scrittura mediante laser uv e a femtosecondi. Amplificatori e laser integrati basati su emissione da ioni di terre rare in matrici vetrose e cristalline. Ottica integrata su silicio. Introduzione ai cristalli fotonici. Fibre a badgap fotonico.

#### •**Ottica (+Introduzione):**

- *titolare:* Prof. M. Inguscio
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica della materia
- *periodo:* II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Ottica fisica, ottica laser, ottica atomica, metrologia ottica. Il corso prevede: interferenza e diffrazione con applicazioni a sistemi classici e moderni, ottica dei fasci gaussiani, risuonatori laser, condensazione di Bose-Einstein (BEC), ottica atomica coerente, intrappolamento e manipolazione ottica di particelle, misura di frequenze ottiche.

#### •**Ottica biomedica e applicazioni A:**

- *titolare:* Prof. G. Zaccanti
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica applicata
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/07
- *programma sintetico:* Proprietà di scattering e di assorbimento del tessuto biologico. Propagazione di radiazione luminosa nel tessuto biologico: L'equazione della diffusione. Metodi di misura delle proprietà ottiche del tessuto biologico. Esempi di applicazione di metodologie ottiche: misure di concentrazione e grado di ossigenazione dell'emoglobina; metodi di imaging ottico; optical coherence tomography.

#### •**Ottica quantistica A/B:**

- *titolare:* Prof. T.F. Arecchi
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica della materia

- *periodo*: III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3/3, standard, FIS/03
- *programma sintetico*: Parte A: fisica statistica fuori dall'equilibrio e nonlineare; caos deterministico. Controllo del caos e sincronizzazione di reti caotiche: applicazioni a biologia, in particolare a neuroscienze (dinamica dei processi percettivi).  
Parte B: aspetti quantistici della interazione radiazione/materia, stati coerenti, laser e condensati di Bose-Einstein (BEC), basi della computazione quantistica.

• **Plasmi astrofisici:**

- *titolare*: Prof. C. Chiuderi
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Astrofisica
- *periodo*: III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/05
- *programma sintetico*: Applicazioni della magnetoidrodinamica all'astrofisica: fisica delle strutture magnetiche solari, riconnessione magnetica, getti stellari e extragalattici. Onde d'urto e accelerazione di particelle. Introduzione alla teoria della turbolenza.

• **Radioattività (Introduzione):**

- *titolare*: Prof. M. Bini
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo*: II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/04
- *programma sintetico*: Generalità e richiami sulla radioattività alfa, beta, gamma. Le serie radioattive naturali. Multipolarità delle transizioni gamma nucleari. Il rapporto di mixing di multipolo. La distribuzione angolare di raggi gamma a seguito di reazioni nucleari. Correlazione angolare gamma-gamma e sua determinazione sperimentale. La polarizzazione lineare dei raggi gamma e sua misura. La conversione interna e determinazione del coefficiente di conversione interna. Generalità sulla fissione nucleare.

• **Raggi cosmici (+Introduzione):**

- *titolare*: Prof. S. Bottai, Prof. P. Papini
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo*: III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 6(3), standard, FIS/04
- *programma sintetico*: Fenomenologia dei Raggi Cosmici primari. - Meccanismi di propagazione e accelerazione. - Antiprotoni e positroni nei Raggi Cosmici: produzione secondaria e possibili sorgenti primarie. - Composizione isotopica. - I Raggi Cosmici di altissima energia. Interazione dei Raggi Cosmici primari con l'atmosfera e produzione degli sciami. I Raggi Cosmici a terra: muoni e neutrini. Apparatrici sperimentali per la misura dei flussi di Raggi Cosmici a terra, su palloni stratosferici e in orbita.

• **Relatività:**

- *titolare*: Prof. D. Seminara
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica teorica
- *periodo*: III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 6, standard, FIS/02

- *programma sintetico*: Richiami di Relatività Speciale e Spazio-Tempo Piatto. Principio di Equivalenza. Geometria delle Varietà. Il limite Newtoniano. Derivazioni dell'equazioni di Einstein, La Lagrangiana di Hilbert. Covarianza ed accoppiamento con materia. Teoria Linearizzata. La metrica di Schwarzschild: Previsioni classiche della Relatività. Qualche cenno di Cosmologia. Formulazione ADM della gravità. Formulazione del primo ordine della teoria di Einstein .

•**Rivelatori per lo spazio B:**

- *titolare*: Prof. E. Pace  
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Tecnologie spaziali  
- *periodo*: III trimestre  
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/05  
- *programma sintetico*: Elementi di fotometria e radiometria. Tecniche di rivelazione dei fotoni nelle bande spettrali dai raggi gamma alle microonde. Rivelatori ad integrazione di carica. Rivelatori a conteggio di fotone. Rivelatori a stato solido. Problematiche relative allo spazio: sensibilità, durata, resistenza alla radiazione e agli attacchi chimici, compatibilità con le condizioni di vuoto. Elettronica di readout, di acquisizione e di trasferimento dei dati. Elementi di ottica per l'accoppiamento del rivelatore agli strumenti ottici spaziali.

•**Sistemi di acquisizione dati:**

- *titolare*: Prof. M. Carlà  
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b (lab), Elettronico-cibernetico e tecn.  
- *periodo*: III trimestre  
- *numero crediti, accredit., settore*: 6, standard, FIS/01  
- *programma sintetico*: Conversione Analogico-Digitale e Digitale-Analogico - Handshaking e protocolli di trasferimento dati - Caratteristiche dei principali bus di interconnessione tra computer e strumentazione di misura – Software per misura e controllo.

•**Spettroscopia astronomica:**

- *titolare*: Prof. E. Landi Degl'Innocenti  
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Astrofisica  
- *periodo*: I trimestre  
- *numero crediti, accredit., settore*: 6, standard, FIS/05  
- *programma sintetico*: Spettro della radiazione. Polarizzazione e parametri di Stokes. Irraggiamento di cariche elettriche in moto. Potenziali di Lienard e Wiechart. Diffusione Thomson e Rayleigh. Radiazione di frenamento di ciclotrone e di sincrotrone. Irraggiamento dipolare e quadrupolare. Quantizzazione del campo elettromagnetico. Operatori di creazione e distruzione. Concetto di fotone. Equazione di Dirac e suo limite non relativistico. Spettri di atomi complessi.

•**Storia della fisica A:**

- *titolare*: Prof. A. Baracca  
- *anno di corso, tipologia, curriculum*: I, b, Fisica teorica  
- *periodo*: II trimestre  
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/08  
- *programma sintetico*: Rivoluzione industriale, meccanica pratica, concetti energetici, macchina a vapore in Inghilterra. Rivoluzione francese, Lazare e Sadi Carnot, verso il concetto di entropia. Trasformazioni scientifiche nella seconda metà dell'800: teoria cinetica, elettromagnetismo. I limiti

del meccanicismo. La rivoluzione scientifica del '900. La Meccanica Quantistica "ortodossa".  
Trasformazioni scientifiche dagli anni '30: fisica dello stato solido, nucleare, ecc.

•**Storia dell'astronomia:**

- *titolare:* Prof. A. Righini
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Astrofisica
- *periodo:* II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/08
- *programma sintetico:* Prima parte: Astronomia egiziana e babilonese. Astronomia dei presocratici. Platone e lo studio degli astri. Cosmologia di Aristotele. Astronomia di Ipparco e di Claudio Tolomeo. Cosmologie medioevale. Astronomia araba e persiana. Lettura e commento di alcuni passi del De Revolutionibus. La figura di Copernico. Ruolo di Tycho e di Keplero. Galileo e Newton. Astronomia e navigazione. Meccanica celeste. La figura di William Herschel e i progressi dell'Astronomia nel XIX secolo e la nascita dell'Astrofisica.  
Parte Seconda: Geroge Hellery Hale e l'Astrofisica del Sole. Costruzione dell'Osservatorio di Mt. Wilson. Premesse osservative del Grande Dibattito. Sviluppo dell'astrofisica in Italia e rapporti tra Abetti e Hale agli inizi del XX secolo.

•**Tecniche computazionali per l'astrofisica:**

- *titolare:* Prof. F. Rubini
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Astrofisica
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/05
- *programma sintetico:* Il corso parte dalla soluzione dei problemi 'classici' della analisi numerica (interpolazione polinomiale e trigonometrica, algebra lineare, soluzione delle equazioni differenziali ordinarie ed alle derivate parziali) e si sviluppa con l'analisi degli algoritmi e della struttura di un codice parallelo per la soluzione di un problema di interesse astrofisico, quale la simulazione dei processi di convezione stellare o di oggetti di Harbig Haro ('stellar jets')

•**Tecniche di programmazione e analisi dati (+Introduzione):**

- *titolare:* Prof. F. Becattini
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica nucleare e subnucleare
- *periodo:* II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(3), standard, FIS/04
- *programma sintetico:* Concetti generali di statistica. Tecniche di fit. Tests statistici parametrici e non parametrici. Deconvoluzione delle distribuzioni. Algoritmi e simulazioni di Monte-Carlo. Ricostruzione di eventi in collisioni di particelle di alta energia. Pattern recognition nei tracciatori e nei calorimetri. Reti neurali. Tecniche di fit delle tracce di particelle cariche: Kalman filter. Programmi per l'analisi dati in fisica delle particelle elementari.

•**Tecnologie del vuoto:**

- *titolare:* Prof. G. Ventura
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Elettronico-cibernetico e tecn.
- *periodo:* III trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/01
- *programma sintetico:* Storia, unità di misura, tensione di vapore, flusso dei gas, evacuazione, pompe a vuoto, trappole, misuratori di vuoto, spettrometri di massa, cercafughe, calibrizioni.

•**Teoria dei Campi:**

- *titolare:* Prof. A. Cappelli, Prof.ssa S. De Curtis
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica teorica
- *periodo:* I trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/02
- *programma sintetico:* Ordini di grandezza delle interazioni fondamentali. Introduzione alle teorie di gauge non-abeliane. Path-integral in teoria dei campi, metodi funzionali e serie perturbativa. Rottura spontanea della simmetria. Interazioni deboli prima del modello standard. Modello standard elettro-debole:  $SU(2) \times U(1)$ , meccanismo di Higgs, gauge rinormalizzabile e unitaria, mescolamento delle famiglie. Matrice CKM, violazione di CP, meccanismo GIM. Fenomenologia del modello standard: alcuni processi. Rinormalizzazione e gruppo di rinormalizzazione. Equazione di Callan-Symanzik e costante d'accoppiamento mobile. Rinormalizzazione col path-integral delle teorie di gauge non-abeliane. Calcolo della beta function col metodo del background field. Introduzione alla QCD e al modello a partoni.

•**Teoria dei sistemi a molti corpi:**

- *titolare:* Prof. F. Matera
- *anno di corso, tipologia, curriculum:* I, b, Fisica teorica
- *periodo:* II trimestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/02
- *programma sintetico:* 1. Equilibrio: Richiami al formalismo di seconda quantizzazione. Modello del "jellium" per il gas di elettroni. Stati coerenti bosonici e fermionici, variabili di Grassmann. Funzione di partizione, funzioni di Green termiche, sviluppi perturbativi (diagrammi di Feynman). Equazione di Dyson per la "self-energy", teoria di Hartree-Fock. Sistemi di bosoni: approssimazione della "fase stazionaria", equazione di Gross-Pitaevskij e condensazione di Bose-Einstein per particelle interagenti. Sistemi di fermioni: trasformazioni di Hubbard-Stratonovich, campo ausiliario, teoria BCS della superconduttività.
- 2. Non equilibrio: Teoria della risposta lineare e teorema di fluttuazione-dissipazione. Trasporto quantistico: funzioni di Wigner, limite semiclassico, connessioni con le equazioni cinetiche classiche, zero-sound nei liquidi di Fermi. Tecniche di simulazione numerica per le equazioni del trasporto.