

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

Manifesto degli Studi del
Corso di Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche
Anno accademico 2009-2010

1. Denominazione, classe di appartenenza, curricula e strutture didattiche

È istituito presso l'Università degli Studi di Firenze il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche. Il Corso è organizzato dalla Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali ed è strutturato in curricula.

Il Corso di Laurea Magistrale appartiene alla classe delle Lauree Magistrali in Fisica (classe LM-17).

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 Magistrale il Presidente, il Consiglio di Corso di Laurea Magistrale e il Comitato per la didattica del Corso di Laurea Magistrale. Per la composizione del Consiglio di Corso di Laurea Magistrale e le sue competenze si rimanda al Regolamento Didattico dell'Ateneo.

Composizione e competenze del Comitato per la didattica sono definite e deliberate dal Consiglio di Corso di Laurea Magistrale.

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

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

Gli obiettivi formativi del Corso di Laurea Magistrale, il profilo culturale e professionale, gli sbocchi professionali, 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.

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

Le modalità di accesso alla Laurea Magistrale sono quelle stabilite dal Regolamento didattico riportate di seguito:

a. Titolo di studio

L'accesso alla Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche, classe LM-17 delle Lauree Magistrali, è consentito a coloro che sono in possesso di una laurea della classe L-30 (Scienze e tecnologie fisiche), ex-DM 270/04, oppure di una laurea della classe 20 (Scienze e tecnologie fisiche), ex-DM 509/99, che soddisfino i requisiti curriculari minimi di accesso. Tali requisiti sono rispettati dalla Laurea in Fisica e Astrofisica classe L-30 ex-DM 270/04 dell'Ateneo di Firenze.

L'accesso alla Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche, classe LM-17 delle Lauree Magistrali, è altresì consentito a coloro che abbiano acquisito una buona conoscenza scientifica di base nelle discipline matematiche e chimiche e un'adeguata preparazione nelle diverse discipline fisiche e che siano in possesso di altra laurea o diploma universitario di durata triennale o di altro titolo conseguito all'estero e riconosciuto idoneo dalla struttura didattica ai fini dell'ammissione alla Laurea

Magistrale.

b. Requisiti curriculari

Per accedere alla Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche, classe LM-17 delle Lauree Magistrali, è necessario possedere i seguenti requisiti curriculari:

- almeno 30 CFU nelle discipline matematiche e informatiche (SSD MAT/XX e INF/XX);
- almeno 5 CFU nelle discipline chimiche (SSD CHIM/XX);
- almeno 60 CFU nelle discipline fisiche dell'ambito sperimentale e applicativo (SSD FIS/01, FIS/07);
- almeno 36 CFU nelle discipline fisiche degli altri ambiti (SSD FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/06, FIS/08).

c. Adeguata preparazione individuale

L'adeguata preparazione dei laureati in possesso dei requisiti di titolo di accesso e curriculari di cui sopra, viene verificata dall'apposita Commissione didattica del Corso di Laurea primariamente sulla base del curriculum di studi presentato con la domanda di valutazione. Costituiscono elementi di valutazione, in particolare:

- la tipologia degli esami sostenuti, sia di quelli compresi nei settori scientifico disciplinari dei requisiti curriculari che degli altri presenti nel piano del corso di studi che costituisce titolo utile per l'accesso alla Laurea Magistrale;
- il profitto conseguito negli esami sostenuti, con particolare riguardo a quelli compresi nei settori scientifico disciplinari dei requisiti curriculari;
- la tipologia della prova finale.

Qualora tale verifica venga giudicata soddisfacente, la Commissione didattica delibera l'ammissibilità al Corso di Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche della classe LM-17 delle Lauree magistrali, rilasciando il previsto nulla osta. In caso contrario l'accertamento della preparazione dello studente avviene tramite colloquio che può portare al rilascio del nulla osta per l'ammissione o all'individuazione di obblighi didattici, che lo studente deve assolvere prima dell'iscrizione, per il completamento dell'adeguatezza delle proprie conoscenze e competenze.

Il Manifesto degli studi dell'Università di Firenze può prevedere particolari deroghe ai requisiti di accesso sopra riportati.

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

Il quadro generale delle attività formative è riportato nell'Ordinamento Didattico allegato al Regolamento Didattico di Ateneo.

La tabella dei corsi di tutti e due gli anni, comprensiva delle informazioni riguardo ai crediti associati ad ogni corso e del settore disciplinare è riportata nel Regolamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche. Tale Regolamento riporta inoltre le norme generali riguardo alla prova finale, al conseguimento del titolo, ai piani di studi individuali, alle unità didattiche, alle propedeuticità, al riconoscimento dei crediti, agli obblighi di frequenza, alle modalità della didattica e della valutazione e alla verifica della efficacia didattica. Il Regolamento rimanda a questo Manifesto per l'attuazione particolareggiata dell'organizzazione didattica, in accordo ai principi generali definiti.

In questo paragrafo vengono riportate sinteticamente solo le informazioni essenziali sull'organizzazione didattica: il Corso di Laurea Magistrale prevede un percorso formativo differenziato in vari curricula e è basato su attività formative relative a cinque tipologie: a)

caratterizzanti, b) affini o integrative, c) autonome, d) per la prova finale e la conoscenza della lingua straniera e e) per ulteriori conoscenze linguistiche, informatiche, relazionali ed utili all'inserimento nel mondo del lavoro. Per garantire, nel piano di studi dei laureati magistrali, un'adeguata flessibilità di scelte tra specializzazione nelle discipline fisiche e interdisciplinarietà, differenziata tra i vari curricula, risulta necessario includere i settori da FIS/01 a FIS/08, già presenti tra le attività caratterizzanti, anche fra quelli di tipologia b) affini e integrativi del Corso di Laurea Magistrale. Nella tipologia b) devono comunque essere presenti almeno 6 CFU di discipline non fisiche, ovvero corrispondenti ad insegnamenti, non afferenti ai settori scientifico disciplinari propri della fisica, attivati dall'Università di Firenze e coerenti con il Piano di studi. Il Corso di Laurea può indicare ogni anno nel Manifesto del Corso di Studi alcuni insegnamenti che verranno attivati e possibilmente strutturati secondo un orario compatibile con l'organizzazione della didattica standard, in modo che lo studente li possa inserire nel proprio Piano di Studi come attività di tipo b) non fisiche.

Le attività autonomamente scelte (tipologia c) corrispondono, di norma, a corsi universitari previsti dall'Università di Firenze. Anche in questo caso il Corso di Laurea può indicare ogni anno nel Manifesto del Corso di Studi alcuni insegnamenti che verranno attivati e possibilmente strutturati secondo un orario compatibile con l'organizzazione della didattica standard, in modo che lo studente li possa inserire nel proprio Piano di Studi come attività di tipo c).

Ad ogni tipologia sono assegnati un numero di crediti formativi universitari (CFU), per un totale complessivo di 120 crediti che si assume vengano acquisiti dallo studente a tempo pieno nel corso della durata normale del Corso di Laurea Magistrale, ovvero in due anni.

Per quanto riguarda gli insegnamenti specifici del biennio della Laurea Magistrale, si riporta nella tabella seguente il quadro sintetico delle attività comuni dei vari curricula, rimandando all'Allegato A per il dettaglio della loro articolazione e all'Allegato B per l'elenco completo degli insegnamenti di tipologia b) attivabili nella Laurea Magistrale.

| Tip. | Titolo Insegnamento | CFU | Settore | Semestre |
|---|---|--------------|--|-----------------|
| Completamento cultura fisica di base | | | | |
| a | Fisica teorica-Complementi | 6 | FIS/02 | I |
| a | Fisica della materia 1 e 2 | 6+6 | FIS/03 | I/II |
| a | Fisica nucleare e subnucleare 1 e 2 | 6+6 | FIS/04 | I |
| a | Astrofisica | 6 | FIS/05 | I |
| | Totale cultura fisica di base | 36 | | |
| Corsi curriculari | | | | |
| a | <i>Corsi con o senza laboratorio fra quelli di tipologia a) riportati nell'Allegato A</i> | 12-18 | FIS/01÷08 | Vedi Allegato A |
| Corsi affini e integrativi | | | | |
| b | <i>Corsi con o senza laboratorio fra quelli di tipologia a) e b) riportati nell'Allegato B (tra essi devono essere presenti almeno 6 CFU di discipline non fisiche)</i> | 18-12 | tutti i SSD indicati come "Interdisciplinarietà e Applicazioni" nell'Ordinamento | Vedi Allegato B |
| c | A scelta dello studente | 9 | | |
| d | Prova finale | 39 | | |
| e | Stage e tirocinii | 6 | | |

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. Tipologia delle forme didattiche, degli esami e delle altre verifiche di profitto

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

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) tirocinii 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 (25 ore per insegnamenti di soli 3 CFU).

Per l'anno accademico 2009-2010 gli insegnamenti sono organizzati in unità didattiche "semestrali". 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 e), 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 Magistrale.

I dettagli delle modalità di esame per i vari corsi di insegnamento sono illustrati dal docente all'inizio del corso.

Il numero massimo di esami previsto è 11 più gli esami a libera scelta dello studente (tipologia c) che, ai sensi del DM 26 luglio 2007, Art. 4, comma 2, e delle relative linee guida, vengono contati come un unico esame.

Al termine del I e del II semestre sono predisposti due appelli, distanziati di almeno quattordici giorni, per tutti gli esami del Corso di Laurea. Nel mese di settembre è prevista una ulteriore sessione con due appelli. In corrispondenza delle vacanze pasquali è prevista un'ulteriore sessione di esame con un solo appello per tutti gli insegnamenti per i quali perverrà al titolare (e per conoscenza al Presidente del Corso di Laurea) richiesta di appello con almeno 15 giorni di anticipo da parte di studenti. Durante la sessione di esame le lezioni saranno sospese.

6. 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 Magistrale. 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.

7. Piani di studio individuali

Lo studente iscritto al I anno di corso deve presentare, nel periodo 23 novembre – 23 dicembre, un Piano di Studi individuale, nel quale sia definita la scelta del curriculum, che deve comunque soddisfare i requisiti previsti dalla Classe LM-17 Scienze Fisiche e Astrofisiche. Tale Piano di Studi è soggetto ad approvazione da parte del Consiglio di Corso di Laurea Magistrale e deve essere stilato coerentemente alle tabelle dei curricula riportate nell'Allegato A di questo Manifesto. Lo studente può successivamente richiedere, all'atto dell'iscrizione al II anno o con le modalità previste dal Regolamento didattico di Ateneo, la modifica del Piano di Studi presentato.

Il Piano di Studi deve essere necessariamente coerente con l'Ordinamento Didattico per i 120 CFU complessivi. Per tutti i curricula si raccomanda l'inserimento di almeno 6 CFU di un corso fenomenologico o di laboratorio. Si ricorda che il Piano di Studi può ricorrere anche ai crediti di tipologia c) (a scelta dello studente) per soddisfare agli obblighi e alle raccomandazioni di questo Manifesto.

Gli studenti che provengono dal Corso di Laurea in Fisica e Astrofisica di I livello dell'Università di Firenze e che scelgono il percorso consigliato da questo Manifesto per il curriculum prescelto, avranno il Piano di Studi approvato automaticamente. Il Consiglio di Corso di Laurea può approvare qualsiasi piano di studio conforme con l'Ordinamento del Corso di Laurea.

8. Prova finale e conseguimento del titolo

Per quanto riguarda le attività di tipo d), sono previsti 39 CFU per la prova finale.

Per accedere alla prova finale lo studente deve avere acquisito in totale 81 CFU di insegnamenti e tirocini propri della Laurea Magistrale.

Alla preparazione del lavoro di tesi può essere connesso lo svolgimento della attività di tirocinio (6 CFU).

La prova finale per il conseguimento della Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche 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, 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.

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 di insegnamenti afferenti al curriculum scelto dal candidato devono essere adeguatamente rappresentati.

9. Calendario dei semestri, delle sessioni di laurea e vacanze ufficiali

Per l'anno accademico 2009-2010 il calendario dei semestri è il seguente:

- I Semestre: 1 Ottobre 2009 - 16 Gennaio 2010
- II Semestre: 1 Marzo 2010 - 12 Giugno 2010

Per l'anno accademico 2008-2009 il calendario delle sessioni di laurea è il seguente:

25 Giugno 2009
28 Luglio 2009
13 Ottobre 2009
15 Dicembre 2009
23 Febbraio 2010
27 Aprile 2010

Per l'anno accademico 2009-2010 gli appelli di laurea verranno stabiliti e comunicati successivamente.

Vacanze ufficiali durante i periodi di lezione:

- I Semestre: 8 Dicembre 2009, dal 23 Dicembre 2009 al 6 Gennaio 2010
- II Semestre: dal 1 al 7 Aprile 2010, 1 Maggio 2010, 2 Giugno 2010

10. Insegnamenti

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

Nell'Allegato A si riporta il dettaglio delle attività didattiche all'interno dei vari curricula e l'assegnazione dei 120 CFU fra gli insegnamenti del II livello.

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 verrà indicata nel Manifesto del Corso di Studi con il nome dell'insegnamento seguito da (Introduzione). Lo studente può essere accreditato esclusivamente, a seconda del Piano di Studi approvato, o per il complesso dei crediti o per quelli riguardanti la prima parte.

Per i corsi integrati, che sono divisi in due parti identificate dallo stesso nome seguito dal numero 1 o 2, lo studente può essere accreditato per il complesso dei crediti oppure, previo approvazione del Piano di Studi, solo per quelli riguardanti la seconda parte.

11. Verifica dell'efficacia didattica

Per tutti gli insegnamenti del Corso di Laurea è prevista la rilevazione dell'opinione degli studenti frequentanti. Inoltre 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 Magistrale 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 Magistrale successivo. Anche sulla base di questa relazione, il Consiglio di Corso di Laurea Magistrale introduce nel successivo Manifesto del Corso di Laurea Magistrale 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. 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 o attive nel campo dell'informatica, del software, dei metodi numerici avanzati.

Lo studente di questo curriculum presenta un Piano di Studi che per i crediti di tipo a) e b) sia organizzato secondo la tabella di seguito riportata:

| Tipologia attività formativa | Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|------------------------------|---|------------|--------|----------|
| Caratterizzanti | Fisica Teorica – Complementi | 6 | FIS/02 | I |
| | Fisica della materia 1 e 2 | 12 | FIS/03 | I/II |
| | Fisica nucleare e subnucleare 1 e 2 | 12 | FIS/04 | I |
| | Astrofisica | 6 | FIS/05 | I |
| Curricolari caratterizzanti | Laboratorio di Astrofisica | 12 | FIS/05 | II/I** |
| | <i>Un corso a scelta tra</i> Plasmi Astrofisici | 6 | FIS/05 | II |
| | Spettroscopia astronomica | 6 | FIS/05 | II |
| Affini e integrative | <i>Fino a 2 corsi, per un totale di 6 CFU, a scelta tra quelli elencati nella successiva tabella</i> | 6 | 12 | FIS/05 |
| | <i>Fino a 2 corsi di discipline non fisiche tra quelli elencati nell'Allegato B, per un totale di 6 CFU</i> | 6 | | |
| A scelta studente | <i>Corsi a scelta tra quelli riportati nella successiva tabella o attivati dall'Università di Firenze</i> | 9 | | |
| Stage e tirocinii | | 6 | | |
| Prova finale | | 39 | | |
| TOTALE | | 120 | | |

| Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|---|------|--------|----------|
| Astrofisica computazionale | 3 | FIS/05 | II |
| Astronomia (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/05 | II |
| Astronomia extragalattica | 3 | FIS/05 | I** |
| Astrofisica delle alte energie (Introduzione) | 3 | FIS/05 | I** |
| Fisica della gravitazione | 3 | FIS/05 | II |
| Fisica solare (Introduzione) | 3 | FIS/05 | I** |
| Plasmi Astrofisici * | 6 | FIS/05 | II |
| Spettroscopia astronomica * | 6 | FIS/05 | II |
| Storia dell'Astronomia | 3 | FIS/05 | II |

* Selezionabile solo se non già scelto tra quelli affini e integrativi

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

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 e Astronomia 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 nell'ambito 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 Studi che per i crediti di tipo a) e b) sia organizzato secondo la tabella di seguito riportata:

| Tipologia attività formativa | Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|------------------------------|---|------------|--------|----------|
| Caratterizzanti | Fisica Teorica – Complementi | 6 | FIS/02 | I |
| | Fisica della materia 1 e 2 | 12 | FIS/03 | I/II |
| | Fisica nucleare e subnucleare 1 e 2 | 12 | FIS/04 | I |
| | Astrofisica | 6 | FIS/05 | I |
| Curriculari caratterizzanti | Metodi matematici – Complementi | 6 | FIS/02 | II |
| | Elettrodinamica quantistica | 6 | FIS/02 | II |
| | Meccanica Statistica I | 6 | FIS/02 | II |
| Affini e integrative | <i>Un corso a scelta tra</i> | | | |
| | Relatività | 6 | FIS/02 | II |
| | Teoria dei campi | 6 | FIS/02 | II |
| | Meccanica statistica II | 6 | FIS/02 | I |
| | Teoria dei sistemi a molti corpi | 6 | FIS/02 | I |
| | <i>Fino a 2 corsi di discipline non fisiche tra quelli elencati nell'Allegato B, per un totale di 6 CFU</i> | 6 | | |
| A scelta studente | <i>Corsi a scelta tra quelli riportati nella successiva tabella o attivati dall'Università di Firenze</i> | 9 | | |
| Stage e tirocinii | | 6 | | |
| Prova finale | | 39 | | |
| TOTALE | | 120 | | |

| Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|------------------------------------|-----|--------|----------|
| Fondamenti della fisica A | 3 | FIS/02 | II |
| Meccanica statistica II * | 6 | FIS/02 | I** |
| Relatività * | 6 | FIS/02 | II |
| Storia della fisica (Introduzione) | 3 | FIS/08 | I |
| Teoria dei campi * | 6 | FIS/02 | II |
| Teoria dei sistemi a molti corpi * | 6 | FIS/02 | I** |
| Teoria dei sistemi dinamici | 6 | FIS/02 | I** |
| Teoria delle particelle elementari | 6 | FIS/02 | II |

* Selezionabile solo se non già scelto tra quelli affini e integrativi

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

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 e Astronomia 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 nell'ambito 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 Studi che per i crediti di tipo a) e b) sia organizzato secondo la tabella di seguito riportata:

| Tipologia attività formativa | Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|------------------------------|---|------------|--------|----------|
| Caratterizzanti | Fisica Teorica – Complementi | 6 | FIS/02 | I |
| | Fisica della materia 1 e 2 | 12 | FIS/03 | I/II |
| | Fisica nucleare e subnucleare 1 e 2 | 12 | FIS/04 | I |
| | Astrofisica | 6 | FIS/05 | I |
| Curricolari caratterizzanti | Laboratorio Nucleare-Subnucleare | 6 | FIS/01 | II |
| | Fisica nucleare I | 6 | FIS/04 | II |
| | Fisica subnucleare | 6 | FIS/04 | II |
| Affini e integrative | <i>Un corso a scelta tra</i> Laboratorio nucleare I | 6 | FIS/01 | I** |
| | Laboratorio subnucleare I | 6 | FIS/01 | I** |
| | <i>Fino a 2 corsi di discipline non fisiche tra quelli elencati nell'Allegato B, per un totale di 6 CFU</i> | 6 | | |
| A scelta studente | <i>Corsi a scelta tra quelli riportati nella successiva tabella o attivati dall'Università di Firenze</i> | 9 | | |
| Stage e tirocinii | | 6 | | |
| Prova finale | | 39 | | |
| TOTALE | | 120 | | |

| Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|--|------|--------|----------|
| Analisi dati in fisica subnucleare (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/04 | I** |
| Collisioni fra ioni pesanti A | 3 | FIS/04 | I** |
| Fisica degli acceleratori (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/04 | I** |
| Fisica delle particelle elementari (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/04 | II |
| Laboratorio nucleare I (introduzione) | 3 | FIS/04 | I** |
| Laboratorio subnucleare I (introduzione) | 3 | FIS/04 | I** |
| Materia nucleare A | 3 | FIS/04 | II |
| Metodi sperimentali di fisica nucleare (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/04 | I |
| Metodi sperimentali di fisica subnucleare (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/04 | II |
| Raggi cosmici (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/04 | I |
| Radioattività (Introduzione) | 3 | FIS/04 | I** |

* Selezionabile solo se non già scelto tra quelli affini e integrativi

****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 Studi che per i crediti di tipo a) e b) sia organizzato secondo la tabella di seguito riportata:

| Tipologia attività formativa | Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|------------------------------|---|------------|--------|----------|
| Caratterizzanti | Fisica Teorica – Complementi | 6 | FIS/02 | I |
| | Fisica della materia 1 e 2 | 12 | FIS/03 | I/II |
| | Fisica nucleare e subnucleare 1 e 2 | 12 | FIS/04 | I |
| | Astrofisica | 6 | FIS/05 | I |
| Curricolari caratterizzanti | Laboratorio di fisica della materia | 12 | FIS/03 | II |
| Affini e integrative | <i>Un corso intero (6CFU) e due introduzioni (3+3CFU) tra</i> | | 18 | |
| | Fisica atomica | 6,3 | FIS/03 | II |
| | Fisica dello stato solido | 6,3 | FIS/03 | I** |
| | Fisica dei liquidi | 6,3 | FIS/03 | II |
| | Ottica quantistica | 6,3 | FIS/03 | II |
| | <i>Fino a 2 corsi di discipline non fisiche tra quelli elencati nell'Allegato B, per un totale di 6 CFU</i> | 6 | | |
| A scelta studente | <i>Corsi a scelta tra quelli riportati nella successiva tabella o attivati dall'Università di Firenze</i> | 9 | | |
| Stage e tirocinii | | 6 | | |
| Prova finale | | 39 | | |
| TOTALE | | 120 | | |

| Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|--|------|--------|----------|
| Elettronica quantistica (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/03 | I** |
| Fenomeni quantistici macroscopici | 3 | FIS/03 | II |
| Fisica atomica (+ Introduzione)* | 6, 3 | FIS/03 | II |
| Fisica criogenica (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/03 | II** |
| Fisica degli atomi ultrafreddi | 3 | FIS/03 | II** |
| Fisica degli stati condensati (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/03 | II** |
| Fisica dei liquidi (+ Introduzione)* | 6, 3 | FIS/03 | II |
| Fisica dei liquidi complessi (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/03 | I** |

| | | | |
|---|------|--------|-----|
| Fisica delle basse temperature | 6 | FIS/03 | I** |
| Fisica delle nanostrutture | 3 | FIS/03 | I** |
| Fisica dello stato solido (+ Introduzione)* | 6, 3 | FIS/03 | I** |
| Ottica quantistica (+ Introduzione)* | 6, 3 | FIS/03 | II |

* Selezionabile solo se non già scelto tra quelli affini e integrativi

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

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 Studi che per i crediti di tipo a) e b) sia organizzato secondo la tabella di seguito riportata:

| Tipologia attività formativa | Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|------------------------------|---|------------|--------|----------|
| Caratterizzanti | Fisica Teorica – Complementi | 6 | FIS/02 | I |
| | Fisica della materia 1 e 2 | 12 | FIS/03 | I/II |
| | Fisica nucleare e subnucleare 1 e 2 | 12 | FIS/04 | I |
| | Astrofisica | 6 | FIS/05 | I |
| Curricolari caratterizzanti | Laboratorio di Strumentazioni Fisiche | 12 | FIS/01 | II |
| Affini e integrative | <i>Fino a 3 corsi, per un totale di 12 CFU, a scelta tra</i> | | | |
| | Fisica sanitaria | 6,3 | FIS/07 | II |
| | Tecniche di analisi con fasci di ioni | 6,3 | FIS/07 | II |
| | Onde elettromagnetiche: applicazioni | 6,3 | FIS/07 | I** |
| | Ottica | 6,3 | FIS/03 | II |
| | <i>Fino a 2 corsi di discipline non fisiche tra quelli elencati nell'Allegato B, per un totale di 6 CFU</i> | 6 | | |
| A scelta studente | <i>Corsi a scelta tra quelli riportati nella successiva tabella o attivati dall'Università di Firenze</i> | 9 | | |
| Stage e tirocinii | | 6 | | |
| Prova finale | | 39 | | |
| TOTALE | | 120 | | |

| Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|---|------|--------|----------|
| Fisica sanitaria (+ Introduzione)* | 6, 3 | FIS/07 | II |
| Onde elettromagnetiche: applicazioni (+ Introduzione)* | 6, 3 | FIS/07 | I** |
| Optoelettronica A | 3 | FIS/07 | II** |
| Ottica (+ Introduzione)* | 6, 3 | FIS/03 | II |
| Tecniche di analisi con fasci di ioni (+ Introduzione)* | 6, 3 | FIS/07 | II |

* Selezionabile solo se non già scelto tra quelli affini e integrativi

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

Curriculum “Elettronico, tecnologico e spaziale”

Il curriculum è caratterizzato da due percorsi, uno "elettronico, tecnologico" l'altro “spaziale”, che hanno in comune i due insegnamenti fondamentali di "Elettronica Generale I" e di "Elettronica generale II".

Il percorso "Elettronico, tecnologico" 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. 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 percorso "Elettronico, 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 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.

Il percorso "Spaziale" 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.

Lo studente dovrà acquisire conoscenze di base di astronomia, di astrofisica, di fisica delle particelle e dei raggi cosmici, fisica dell'ambiente, gravità e microgravità. 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 Astrofisica, 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.

Lo studente di questo curriculum presenta un Piano di Studi che per i crediti di tipo a) e b) sia organizzato secondo la tabella di seguito riportata:

| Tipologia attività formativa | Insegnamento | CFU | SSD | Semestre | |
|------------------------------|---|-----|--------------------------------------|----------|------|
| Caratterizzanti | Fisica Teorica – Complementi | 6 | FIS/02 FIS/03 FIS/04 FIS/05 | I | |
| | Fisica della materia 1 e 2 | 12 | | 48 | I/II |
| | Fisica nucleare e subnucleare 1 e 2 | 12 | | | I |
| | Astrofisica | 6 | | | I |
| Curricolari caratterizzanti | Elettronica Generale I * | 6 | FIS/01 | I | |
| | Elettronica Generale II * | 6 | FIS/01 | II | |
| Affini e integrative | Percorso Elettronico, Tecnologico <i>Fino a 4 corsi, per un totale di 12 CFU, , a scelta tra quelli elencati nella successiva tabella</i> | 12 | 18 FIS/01-08 | | |
| | <i>Fino a 2 corsi di discipline non fisiche, tra quelli elencati nell'Allegato B, per un totale di 6 CFU</i> | 6 | | | |

| | | | | |
|-------------------|--|------------|-----------|-----|
| | Percorso Spaziale Tecnologie spaziali | 6 | FIS/05 | I** |
| | <i>Fino a 2 corsi, per un totale di 6 CFU, a scelta tra quelli elencati nella successiva tabella</i> | 6 | FIS/01-08 | |
| | <i>Fino a 2 corsi di discipline non fisiche, tra quelli elencati nell'Allegato B, per un totale di 6 CFU</i> | 6 | | |
| A scelta studente | <i>Corsi a scelta tra quelli riportati nella successiva tabella o attivati dall'Università di Firenze</i> | 9 | | |
| Stage e tirocinii | | 6 | | |
| Prova finale | | 39 | | |
| TOTALE | | 120 | | |

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

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

| Insegnamento | CFU | SSD | Semestre | Percorso |
|--|-------|--------|----------|----------|
| Fisica criogenica (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/03 | II** | ET |
| Fisica degli acceleratori (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/04 | I** | ET |
| Fisica della gravitazione | 3 | FIS/05 | II | SP |
| Fisica delle nanostrutture | 3 | FIS/03 | I** | ET |
| Fisica solare (Introduzione) | 3 | FIS/05 | I** | SP |
| Fisica subnucleare (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/04 | II | ET |
| Laboratorio di astrofisica (+ Introduzione) | 12, 6 | FIS/05 | II/I | SP |
| Laboratorio nucleare-subnucleare | 6 | FIS/01 | II | ET |
| Laboratorio nucleare I (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/01 | I** | ET |
| Laboratorio subnucleare I (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/01 | I** | ET |
| Metodi sperimentali di Fisica Nucleare (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/04 | II | ET |
| Metodi sperimentali di Fisica Subnucleare (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/04 | II | ET |
| Ottica (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/03 | II | ET |
| Raggi cosmici (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/04 | I** | ET |
| Sistemi di acquisizione dati | 6 | FIS/01 | II | ET |
| Storia dell'astronomia | 3 | FIS/05 | II | SP |
| Tecniche di analisi con fasci di ioni (+ Introduzione) | 6, 3 | FIS/07 | II | ET |
| Tecnologie del vuoto | 3 | FIS/01 | II** | ET |

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

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 Studi che per i crediti di tipo a) e b) sia organizzato secondo la tabella di seguito riportata:

| Tipologia attività formativa | Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|------------------------------|---|------------|--------|----------|
| Caratterizzanti | Fisica Teorica – Complementi | 6 | FIS/02 | I |
| | Fisica della materia 1 e 2 | 12 | FIS/03 | I/II |
| | Fisica nucleare e subnucleare 1 e 2 | 12 | FIS/04 | I |
| | Astrofisica | 6 | FIS/05 | I |
| Curriculari caratterizzanti | Laboratorio di ottica | 6 | FIS/03 | II |
| | Laboratorio di spettroscopia | 6 | FIS/03 | II |
| Affini e integrative | Ottica | 6 | FIS/03 | II |
| | Fotonica | 6 | FIS/03 | I** |
| | <i>Fino a 2 corsi di discipline non fisiche tra quelli elencati nell'Allegato B, per un totale di 6 CFU</i> | 6 | | |
| A scelta studente | <i>Corsi a scelta tra quelli riportati nella successiva tabella o attivati dall'Università di Firenze</i> | 9 | | |
| Stage e tirocinii | | 6 | | |
| Prova finale | | 39 | | |
| TOTALE | | 120 | | |

| Insegnamento | CFU | SSD | Semestre |
|---|-----|--------|----------|
| Metrologia di tempo e frequenza | 3 | FIS/07 | I** |
| Olografia e trattamento ottico delle immagini | 3 | FIS/07 | II |
| Ottica biomedica e applicazioni | 3 | FIS/07 | I** |
| Optoelettronica A | 3 | FIS/07 | II** |

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

ALLEGATO B

Elenco dei corsi di tipologia b) (attività formative affini o integrative) di discipline non fisiche attivati presso il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Fisiche ed Astrofisiche.

| Titolo Insegnamento | CFU | Settore | Semestre |
|--|------------|----------------|-----------------|
| Astrobiologia (+Introduzione) | 6, 3 | BIO/18 | I** |
| Equazioni differenziali della fisica matematica (Introduzione) | 3 | MAT/07 | II |
| Laboratorio di calcolo scientifico * | 6 | MAT/08 | I |
| Applicazioni mediche della fisica nucleare (Introduzione) | 3 | MED/36 | II |
| Molecole magnetiche (+Introduzione) | 6, 3 | CHIM/03 | II |
| Chimica fisica (Introduzione) | 3 | CHIM/02 | I** |

* mutuato dal Corso di Laurea Specialistica in Matematica

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

APPENDICE

- **Analisi dati in fisica subnucleare (+ Introduzione):**
 - titolare: Prof. V. Ciulli, Prof. G. Sguazzoni
 - anno di corso, tipologia: II, c
 - periodo: I semestre
 - numero crediti, accredit., settore: 6(,3), standard, FIS/04
 - programma sintetico: Concetti generali di statistica. Algoritmi e simulazioni Monte Carlo. Tests statistici e tecniche di fit. Deconvoluzione delle distribuzioni. Intervalli di confidenza e limiti. Ricostruzione di eventi in collisioni di particelle di alta energia. Programmi per l'analisi dati in fisica delle particelle elementari con applicazioni pratiche.
- **Applicazioni mediche della fisica nucleare (Introduzione):**
 - titolare: Prof. A. Pupi
 - anno di corso, tipologia: I, b
 - periodo: II semestre
 - numero crediti, accredit., settore: 3, standard, MED/36
 - programma sintetico: Basi biologiche delle immagini molecolari. Strumentazioni per imaging molecolare, PET, SPECT. Modello fisico della acquisizione tomografica per emissione. Metodologia della ricostruzione tomografica per emissione. Teoria dei traccianti. Basi di radiochimica. Principali applicazioni cliniche.
- **Astrobiologia (+ Introduzione):**
 - titolare: Prof. E. Gallori, Prof. S. Aiello
 - anno di corso, tipologia: II, b
 - periodo: I semestre
 - 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: I, a
 - periodo: I semestre
 - 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 computazionale:**

- *titolare*: Prof. F. Rubini
- *anno di corso, tipologia*: I, c
- *periodo*: II semestre
- *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')

- **Astrofisica delle alte energie (Introduzione):**

- *titolare*: Prof. F. Pacini
- *anno di corso, tipologia*: II, b
- *periodo*: I semestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 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 extragalattica:**

- *titolare*: Prof. A. Marconi
- *anno di corso, tipologia*: II, c
- *periodo*: I semestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/05
- *programma sintetico*: La Via Lattea: struttura e cinematica; materia oscura; struttura a spirale. Il grande buco nero nel nucleo. Galassie: struttura e dinamica; galassie ellittiche e spirali; gli starburst. I grandi buchi neri nei nuclei galattici. Spettroscopia di sorgenti astrofisiche e proprietà fisiche del gas. Nuclei Galattici Attivi: proprietà fisiche e accrescimento sui buchi neri. Evoluzione cosmologica di galassie e nuclei attivi: formazione di galassie e interazione con nuclei attivi e buchi neri.

- **Astronomia (+Introduzione):**

- *titolare*: Prof. M. Landini
- *anno di corso, tipologia*: I, b
- *periodo*: II semestre
- *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 (Introduzione):**

- *titolare*: Prof. V. Schettino
- *anno di corso, tipologia*: II, b
- *periodo*: I semestre
- *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*: II, c
- *periodo*: I semestre
- *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*: I, a
- *periodo*: II semestre
- *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*: I, a (lab)
- *periodo*: I semestre
- *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*: I, a (lab)
- *periodo*: II semestre
- *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 (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. S. Cavaliere
- *anno di corso, tipologia:* II, c
- *periodo:* I semestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Richiami e estensioni dell'interazione radiazione materia. Propagazione in mezzi anisotropi e/o dispersivi. Propagazione di campi risonanti con transizioni del sistema materiale. Equazioni del laser. Laser in funzionamento continuo e transiente. Funzionamento di laser a impulsi ultracorti. Polarizzazioni non lineari: effetti del secondo e del terzo ordine. Generazione di frequenza somma: teoria e tecnica. Processi dovuti a effetto Kerr ottico. Caratteristiche temporale e spettrali di impulsi ottici: metodi di misura. Generazione di armoniche di alto ordine.

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

- *titolare:* Prof. A. Fasano
- *anno di corso, tipologia:* I, b
- *periodo:* II semestre
- *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.

- **Fenomeni quantistici macroscopici:**

- *titolare:* Prof. M. Inguscio
- *anno di corso, tipologia:* I, c
- *periodo:* II semestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Si discuterà la fisica dei condensati di Bose-Einstein con gas atomici diluiti, illustrandone le proprietà di superfluidità, di eccitazione collettiva, di coerenza macroscopica. Verrà discussa la nuova fisica che si manifesta mediante l'intrappolamento e la manipolazione con potenziali ottici periodici e che comprende fenomeni di interferenza quantistica, di trasporto e porta allo studio di nuove fasi quantistiche con sistemi fortemente correlati. Si esaminerà anche la fisica dei gas fermionici degeneri, non interagenti o fortemente interagenti, che comprende l'osservazione di superfluidità fermionica e BEC-BCS cross-over.

- **Fisica atomica (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. G. Tino
- *anno di corso, tipologia:* I, b
- *periodo:* II semestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), 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 (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. G. Ventura
- *anno di corso, tipologia:* II, c
- *periodo:* II semestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), 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 acceleratori (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. E. Focardi
- *anno di corso, tipologia:* II, c
- *periodo:* I semestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), standard, FIS/04
- *programma sintetico:* Introduzione. Sviluppo degli acceleratori di particelle. Radiazione di sincrotrone. Ottica dei fasci. Iniezione ed estrazione. Sistema RF. Luminosità Wiggler. FEL. Diagnostica

- **Fisica degli atomi ultrafreddi:**

- *titolare:* Prof. M. Inguscio
- *anno di corso, tipologia:* II, c
- *periodo:* II semestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Verrà illustrata la fisica dei gas atomici che, raffreddati a pochi micro o nanokelvin, manifestano comportamenti ondulatori e di degenerazione quantistica. Verranno discussi i principi ed i metodi sperimentali di raffreddamento ed intrappolamento sia laser che con campi magnetici. Si discuteranno sia aspetti fondamentali legati ad una nuova fisica collisionale, al controllo delle interazioni atomo-atomo, alla produzione di molecole, che le applicazioni a misure di precisione.

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

- *titolare:* Prof. A. Cuccoli
- *anno di corso, tipologia:* II, c
- *periodo:* II semestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Teoria elementare dello scattering: liquidi, gas e solidi; simmetria e strutture cristalline; ordine uni- e bi-dimensionale; ordine magnetico. Richiami di termodinamica e meccanica statistica; correlazione spaziale in sistemi classici; simmetria, parametro d'ordine e modelli. Teoria di campo medio: teoria di Landau, transizione del primo e del secondo ordine. Esponenti critici, universalità e leggi di scaling. Gruppo di rinormalizzazione e fenomeni critici. Simmetrie continue e transizioni topologiche. Uno fra i seguenti argomenti:
i) Funzioni di correlazione dinamiche e scattering anelastico; ii) Sistemi magnetici e modelli di spin: eccitazioni elementari e proprietà termodinamiche; iii) Introduzione ai metodi di simulazione numerica Monte Carlo.

- **Fisica dei liquidi (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. F. Barocchi

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

- *periodo:* II semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,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 θ e concetto di buon solvente. Proteine in soluzione.

- **Fisica dei liquidi complessi (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. R. Torre

- *anno di corso, tipologia:* II, c

- *periodo:* I semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,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 gravitazione:**

- *titolare:* Prof. R. Stanga

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

- *periodo:* II semestre

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

- *programma sintetico:* La teoria della gravitazione di Newton. Misure di G. La teoria di Einstein. Le verifiche della Relatività Generale: precessione di Mercurio, deflessione della luce. Gli esperimenti spaziali. Lenti gravitazionali. La generazione delle onde gravitazionali. Le sorgenti astrofisiche. La radiazione gravitazionale di fondo. Rivelatori di onde gravitazionali: l'architettura delle antenne interferometriche al suolo e nello spazio. Le antenne a barra. Le sorgenti di rumore; il limite quantistico. Analisi dati dei rivelatori gravitazionali.

- **Fisica della materia:**

- *titolare:* Proff. M. Inguscio, A. Rettori

- *anno di corso, tipologia:* I, a

- *periodo:* I/II semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6+6, standard, FIS/03

- *programma sintetico:*

- Prima parte: Proprietà del corpo nero. Teoria di Einstein dell'equilibrio atomo-campo elettromagnetico. Elementi di fisica atomica e molecolare: struttura atomica, regole di transizione, struttura fine della riga H, atomo a 2 e N elettroni; separazione di B-O, moti rotazionali, moti vibrazionali, principio di F-C, regole di selezione.

- Elementi di fisica dei cristalli: legami nei solidi, proprietà cristallografiche, reticolo reciproco, diffrazione X e N, teoria elettronica, proprietà termiche e di trasporto.

- Seconda parte: 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. 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:* II, c

- *periodo:* I semestre

- *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:* II, c

- *periodo:* I semestre

- *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. Emettitori 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:* I, c

- *periodo:* II semestre

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

- *programma sintetico:* Teoria dei gruppi con applicazioni alla fisica delle Particelle. Gruppi di Lie. SO(2). SO(3) e SU(2). Gruppi euclidei in due e tre dimensioni. Gruppo di Lorentz. Gruppo di Poincaré. Introduzione alla fisica di alta energia. Principi di invarianza e leggi di conservazione. Interazioni e campi. Quarks e leptoni. Scattering di quarks e di leptoni. Quantum chromodynamics. Interazioni elettromagnetiche. Interazioni deboli. Teoria elettrodebole e modello standard.

- **Fisica dello stato Solido (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. A. Rettori

- *anno di corso, tipologia:* II, b

- *periodo:* I semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), 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 nucleare I:**

- *titolare:* Proff. P.Sona, P. G. Bizzeti

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

- *periodo:* II semestre

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

- *programma sintetico:* Introduzione ai modelli nucleari. modelli a particelle indipendenti.

Modello a shell: campo medio ed interazioni residue. Transizioni elettromagnetiche. Campi di multipolo. Esempi di misure in spettroscopia nucleare. Campo medio autoconsistente: modello di Hartree-Fock. Moto di particella singola ed effetti collettivi.

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 e subnucleare:**

- *titolare:* Prof. B. Mosconi, E. Iacopini

- *anno di corso, tipologia:* I, a

- *periodo:* I semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6+6, standard, FIS/04

- *programma sintetico:*

Prima parte: Radioattività naturale. Diffusione di particelle alfa. Scoperta del nucleo atomico e dei suoi costituenti. Dimensioni, densità, massa dei nuclei. Proprietà delle forze nucleari. Potenziale di Yukawa. Simmetria di isospin. Modelli di struttura nucleare. Decadimenti alfa, beta e gamma dei nuclei. Fissione. Fusione.

Secoda parte: Introduzione alle particelle elementari ed al Modello Standard. Teoria di Fermi delle interazioni deboli. Approfondimenti riguardo al neutrino (prove di esistenza, misura della sua elicità, oscillazioni). Dinamica relativistica: urto elastico e anelastico, massa trasversa.

Trasformazione di distribuzioni ed applicazioni ai decadimenti in volo. Moto relativistico di cariche in campo elettrico e magnetico uniforme e costante. Irraggiamento nei diversi tipi di acceleratore.

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

- *titolare:* Prof.ssa M. Bucciolini, Prof. F. Fusi

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

- *periodo:* II semestre

- *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:* II, b

- *periodo:* I semestre

- *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:* I, a

- *periodo:* II semestre

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

- *programma sintetico:* Le prime particelle elementari, i raggi cosmici, l'antimateria. Cenni alla teoria dei campi (seconda quantizzazione). Le simmetrie discrete. Proprietà di T^2 e di CPT. Il decadimento del pione neutro e del positronio. Il momento di dipolo elettrico e T. Scattering e decadimenti in QFT. Lo spazio delle fasi di due e di tre particelle. Il plot di Dalitz. Le particelle elementari oltre la prima famiglia. Le particelle strane. Il GIM mechanism. Il Modello Standard.

- **Fisica teorica - Complementi:**

- *titolare:* Prof. M. Ciafaloni

- *anno di corso, tipologia:* I, a

- *periodo:* I semestre

- *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 A:**

- *titolare:* Prof.ssa E. Castellani

- *anno di corso, tipologia:* I, c

- *periodo:* II semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/08

- *programma sintetico:* Filosofia dello spazio e del tempo (Philosophy of space and time). Il dibattito corrente sulle principali questioni filosofiche che sorgono intorno alla natura dello spazio e

del tempo:

A) (spazio e tempo) la natura assoluta o relazionale dello spazio e del tempo, sostanzialismo versus relazionismo, la natura del moto e le diverse teorie spazio-temporali, le simmetrie spazio-temporali e l'argomento del buco;

B) (tempo) teorie dinamiche e statiche e teorie 'tensed' e 'tenseless' del tempo, le teorie del cambiamento (tridimensionalisti vs quadridimensionalisti), la freccia del tempo. i viaggi nel tempo.

- **Fotonica:**

- *titolare:* Prof. M. Gurioli

- *anno di corso, tipologia:* II, b

- *periodo:* I semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 3, standard, FIS/07

- *programma sintetico:* Cristalli fotonici. Legge di scala. Specchi di Bragg e cavità planari; polaritoni. Sistemi bidimensionali e membrane. Sistemi tridimensionali. Superrifrazione.

Localizzazione del campo elettromagnetico ad un difetto. Microcavità fotoniche. Effetto Purcell, accoppiamento forte. Dispositivi fotonici.

- **Laboratorio di astrofisica (+ Introduzione):**

- *titolare:* Proff. A. Righini, R. Stanga

- *anno di corso, tipologia:* I/II, a

- *periodo:* II/I semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 12(, 6), standard, FIS/05

- *programma sintetico:* Il corso è composto da due moduli.

Programma del Modulo I: 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.

Programma del Modulo II: Radioastronomia, Astronomia Infrarossa, ed Astrofisica delle alte energie sono tecniche osservative non tradizionali sviluppate nel corso del XX secolo che hanno consentito di raggiungere importanti risultati in Astrofisica. Di queste tecniche tratterà il corso, con esperimenti in laboratorio, e con visite presso i centri di ricerca rilevanti. L'Astronomia ottica negli

ultimi anni ha beneficiato, invece, di una nuova metodologia di misura e correzione del fronte d'onda della radiazione raccolta dal telescopio, che viene definita Ottica Adattiva: il corso discuterà le caratteristiche fisiche e realizzative di questa tecnica innovativa. 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 dell' antenna interferometrica per onde gravitazionali VIRGO di Cascina.

- **Laboratorio di fisica della materia:**

- *titolare:* Proff. F. Marin, A. Vinattieri, C.M.C. Gambi

- *anno di corso, tipologia:* I, a

- *periodo:* II semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 12, standard, FIS/03

- *programma sintetico:* Spettrometri monocromatore e Fabry-Perot, risuonatori ottici. Fasci Gaussiani. Ottiche, filtri, ottiche polarizzanti. Amplificatore "lock-in". Analizzatore di spettro in super-eterodina. Fotodiodi ed elettronica per la rivelazione in continua. Spettroscopia in saturazione. Funzionamento ed uso dei laser a semiconduttore. Fluttuazioni e funzioni di correlazione temporale. Vettore di scattering. Rivelazione omodina ed eterodina. Correlatore digitale. Stabilizzazione termica e meccanica. Principi generali della spettroscopia ottica di semiconduttori: processi di rilassamento e scale temporali tipiche. Spettroscopia risolta in frequenza e tempo. Rivelatori e tecniche di rivelazione per spettroscopia ultraveloce. Sorgenti impulsate. Principi generali del "Q-switching" e "mode-locking". Propagazione di impulsi in mezzi lineari e non lineari. Esperienze di laboratorio: a) Misura del coefficiente di diffusione e del raggio idrodinamico di nanoparticelle. b) Spettroscopia in saturazione del Rb e misura della struttura iperfina. c) Caratterizzazione spettrale di un laser a semiconduttore. d) Misura di autocorrelazione di un impulso al picosecondo. e) Misure di luminescenza ed eccitazione della luminescenza in nanostrutture. f) Misura dell'intensità media di luce diffusa al variare dell'angolo.

- **Laboratorio di ottica:**

- *titolare:* Prof.ssa G. Cecchi

- *anno di corso, tipologia:* I, a

- *periodo:* II semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6, 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 spettroscopia:**

- *titolare:* ---

- *anno di corso, tipologia:* I, a

- *periodo:* II semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6, standard, FIS/07

- *programma sintetico:*

MUTUATO PARZIALMENTE DA LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA

- **Laboratorio di strumentazioni fisiche:**

- *titolare:* Prof. P. Blasi

- *anno di corso, tipologia:* I, a

- *periodo:* II semestre

- *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 (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof.ssa A. Giannatiempo, Prof. G. Casini

- *anno di corso, tipologia:* II, b

- *periodo:* I semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,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:* Proff. N. Taccetti, A. Stefanini

- *anno di corso, tipologia:* I, a

- *periodo:* II semestre

- *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 γ 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 γ e X al Silicio compensato con Litio. Rivelatori di raggi γ 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 (+ Introduzione):**

- *titolare:* Proff. G. Passaleva, O. Adriani

- *anno di corso, tipologia:* II, b

- *periodo:* I semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,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*: I, c
- *periodo*: II semestre
- *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*: I, a
- *periodo*: II semestre
- *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. Teoria delle trasformazioni fra insiemi statistici. Transizioni di fase e fenomeni critici: singolarità delle funzioni termodinamiche, teoria di Lee e Yang. Rottura spontanea della simmetria e rottura dell'ergodicità. Teoria di campo medio e teoria di Landau-Ginzburg. Universalità, invarianza di scala, esponenti critici. Gruppo di rinormalizzazione.

- **Meccanica Statistica II:**

- *titolare*: Prof. P. Politi
- *anno di corso, tipologia*: II, b
- *periodo*: I semestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 6, standard, FIS/02
- *programma sintetico*: Sistemi disordinati, modelli e teoria delle repliche. Catene di Markov e metodo Monte Carlo. Moto browniano, eq. di Langevin ed eq. di Fokker-Planck. Teorema di fluttuazione-dissipazione e teoria della risposta lineare. Transizioni di fase di non equilibrio con applicazioni. Invarianza di scala nei processi di crescita. Equazioni di Edwards-Wilkinson e di Kardar-Parisi-Zhang. Instabilità e formazione di strutture in sistemi fuori dall'equilibrio. Introduzione alle scale multiple per analisi non lineari.

- **Metodi matematici-Complementi:**

- *titolare*: Prof. R. Giachetti
- *anno di corso, tipologia*: I, a
- *periodo*: II semestre
- *numero crediti, accredit., settore*: 6, standard, FIS/02
- *programma sintetico*: Prima parte – Equazioni differenziali nel piano complesso. Equazioni Fuchsiane e funzioni speciali. Spettro degli operatori compatti e problemi regolari di condizioni al contorno. Problemi singolari di condizioni al contorno. Le funzioni di Green. Seconda parte - Gruppi finiti. Elementi di geometria differenziale e gruppi di Lie. Rappresentazioni dei gruppi finiti e dei gruppi compatti. Algebre di Lie e loro classificazione.

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

- *titolare*: Prof.ssa A. Giannatiempo
- *anno di corso, tipologia*: I, c

- *periodo*: I semestre

- *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.

• **Metodi Sperimentali di Fisica Subnucleare (+Introduzione):**

- *titolare*: Prof. G. Barbagli

- *anno di corso, tipologia*: I, c

- *periodo*: II semestre

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

- *programma sintetico*: Principi di accelerazione delle particelle cariche. Acceleratori lineari e circolari. Ciclotroni. Sincrotroni. Anelli di accumulazione. Luminosità. Principi di interazione particelle/radiazioni materia. Tracciamento di particelle cariche in rivelatori a gas e a stato solido. Scintillatori. Fotomoltiplicatori. Calorimetri elettromagnetici e adronici.

Identificazione di particelle (dE/dx , Time-of-flight, Cerenkov, radiazione di transizione). Sistemi di acquisizione. Elaborazione dei dati. Esempi di sistemi di rivelatori della fisica delle alte energie.

• **Metrologia di tempo e frequenza:**

- *titolare*: Prof. G. Tino

- *anno di corso, tipologia*: II, c

- *periodo*: I semestre

- *numero crediti, accredit., settore*: 3, standard, FIS/07

- *programma sintetico*:

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

- *titolare*: Prof.ssa R. Sessoli, Prof. D. Gatteschi

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

- *periodo*: II semestre

- *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. M. Vannoni

- *anno di corso, tipologia*: II, c

- *periodo*: II semestre

- *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 (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. G. Zaccanti

- *anno di corso, tipologia:* II, b

- *periodo:* I semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), standard, FIS/07

- *programma sintetico:* 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.

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:* II, c

- *periodo:* II semestre

- *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. Microrisonatori. Introduzione ai cristalli fotonici. Fibre microstrutturate e a bandgap fotonico. Fotonica dei terahertz.

- **Ottica (+Introduzione):**

- *titolare:* Prof. L. Fini, Prof.ssa A. Consortini

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

- *periodo:* II semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), standard, FIS/03

- *programma sintetico:* Ottica fisica, incluso onde evanescenti e fasci parassiali, interferenza e diffrazione. Immagini con radiazione coerente ed incoerente. Ottica di Fourier ed introduzione all'elaborazione ottica e al filtraggio di immagini. Applicazioni a sistemi classici e moderni.

Richiami di ottica geometrica. Lenti sottili, lenti spesse. Aberrazioni geometriche. Aberrazione cromatica. Applicazioni agli strumenti ottici. Propagazione della luce in mezzi anisotropi, effetti elettroottici e magnetoottici. Ottica non lineare, generazione di seconda armonica.

- **Ottica biomedica e applicazioni A:**

- *titolare:* Prof. G. Zaccanti

- *anno di corso, tipologia:* II, c

- *periodo:* I semestre

- *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. Applicazioni di metodologie ottiche: misure di

concentrazione e grado di ossigenazione dell'emoglobina; metodi di imaging ottico; microscopia in fluorescenza e multifotone.

- **Ottica quantistica (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. F. Marin
- *anno di corso, tipologia:* I, b
- *periodo:* II semestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), standard, FIS/03
- *programma sintetico:* Proprietà della luce classica (coerente e caotica): correlazioni, momenti, spettro di potenza. Equazione di Fokker-Planck. Misure interferometriche e statistiche. Equazioni di Langevin. Spettro di rumore di ampiezza e di frequenza e forma di riga di radiazione laser. Quantizzazione del campo elettromagnetico. Coerenze quantistiche e relazioni di indeterminazione. Stati quantistici della luce: stati di Fock, coerenti, di vuoto compresso, luminosi compressi, stato termico. Indicatori di luce non-classica. Separatore di fascio e rivelazione in omodina. Esperimento di Hong-Ou-Mandel. Distribuzioni di quasi-probabilità e funzione di Wigner. Stati separabili e intrecciati ('entangled'). Argomento EPR: non località e realismo. Disuguaglianza di Bell. Applicazioni: crittografia quantistica, calcolo quantistico. Misure non distruttive. Variabili continue e approssimazione semi-classica. Cavità ottica. Pressione di radiazione ed effetti pondero-motivi. Limite quantistico standard.

- **Plasmi astrofisici:**

- *titolare:* Prof. M. Velli
- *anno di corso, tipologia:* I, b
- *periodo:* II semestre
- *numero crediti, accredit., settore:* 6, 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:* I, c
- *periodo:* II semestre
- *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:* II, c
- *periodo:* I semestre
- *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. Apparati 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:* I, b

- *periodo:* II semestre

- *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.

- **Sistemi di acquisizione dati:**

- *titolare:* Prof. M. Carlà

- *anno di corso, tipologia:* I, b (lab).

- *periodo:* II semestre

- *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:* I, b

- *periodo:* II semestre

- *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 diffusione 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. Interazione materia-radiazione. Processi elementari di emissione e assorbimento. Diagrammi di Feynman. Emissione stimolata.

- **Storia della fisica (Introduzione):**

- *titolare:* Prof. R. Livi

- *anno di corso, tipologia:* II, c

- *periodo:* I semestre

- *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:* I, c

- *periodo:* II semestre

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

- *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: George 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 di analisi con fasci di ioni (+ Introduzione):**

- *titolare:* Prof. M. Chiari

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

- *periodo:* II semestre

- *numero crediti, accredit., settore:* 6(,3), standard, FIS/07

- *programma sintetico:* Principi fisici e metodi delle tecniche di analisi con fasci di ioni (Ion Beam Analysis, IBA) per lo studio della composizione e della struttura dei materiali: PIXE - Particle Induced X-ray Emission, PIGE - Particle Induced Gamma-ray Emission, EBS - Elastic Backscattering Spectroscopy, ERDA - Elastic Recoil Detection Analysis, NRA - Nuclear Reaction Analysis. Applicazioni delle tecniche IBA nel campo della scienza dei materiali, dei beni culturali, delle scienze ambientali e della geologia.

- **Tecnologie del vuoto:**

- *titolare:* Prof. G. Ventura

- *anno di corso, tipologia:* II, c

- *periodo:* II semestre

- *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.

- **Tecnologie spaziali:**

- *titolare:* Prof. E. Pace

- *anno di corso, tipologia:* II, b

- *periodo:* I semestre

- *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.

- **Teoria dei Campi:**

- *titolare:* Prof. A. Cappelli, Prof.ssa S. De Curtis

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

- *periodo:* II semestre

- *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:* II, b

- *periodo:* I semestre

- *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.

- **Teoria dei sistemi dinamici:**

- *titolare:* Prof. A. Politi

- *anno di corso, tipologia:* II, c

- *periodo:* I semestre

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

- *programma sintetico:* Breve introduzione delle diverse classi di sistemi dinamici (automi, mappe, equazioni differenziali). Classificazione dei vari tipi di soluzione e studio della stabilità. Biforcazioni e forme normali. Transizioni ordine caos in sistemi dissipativi. Individuazione dei gradi di libertà efficaci (eliminazione adiabatica, varietà centrale). Nascita di comportamenti ergodici in sistemi Hamiltoniani. Introduzione di invarianti dinamici (esponenti di Lyapunov, dimensione frattale, entropia di Kolmogorov). Algoritmi numerici per la caratterizzazione di sistemi dinamici. Brevi cenni sul comportamento di sistemi spazialmente estesi ed in generale a molti gradi di libertà.

- **Teoria delle particelle elementari:**

- *titolare:* Prof. F. Becattini

- *anno di corso, tipologia:* II, c

- *periodo:* II semestre

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

- *programma sintetico:* Gruppi di Lorentz e Poincaré e loro rappresentazioni irriducibili. Coniugazione di carica, parità e inversione temporale. Teoria della diffusione relativistica e matrice S. Simmetrie interne delle particelle elementari. Il modello a quark. Fenomenologia del modello standard. Il modello a partoni e la cromodinamica quantistica.