

VADEMECUM PER LO STUDENTE
Anno Accademico 2003-2004
Guida pratica *in rete* al Corso di Laurea in Fisica
(Vecchio e Nuovo Ordinamento)

Presidente: **Prof. Giacomo Poggi**
Dipartimento di Fisica
Via G.Sansone 1, Sesto F.no, Firenze
Telefono 055 - 4572249
FAX 055 - 4572121
Email: poggi@fi.infn.it

1	FINALITÀ DEL CORSO	2
2	NUOVO CORSO DI LAUREA IN FISICA.....	3
3	OBIETTIVI FORMATIVI, PROFILO CULTURALE E PROFESSIONALE.....	4
4	SBOCCHI OCCUPAZIONALI	5
5	PREPARAZIONE INIZIALE RICHIESTA, PREREQUISITI E DEBITI FORMATIVI INIZIALI.....	6
6	ORDINAMENTO DEL CORSO DI LAUREA.....	7
6.1	Nuovo ordinamento.....	7
6.2	Vecchio Ordinamento	8
6.3	Organizzazione dei corsi (Nuovo ordinamento).....	9
6.4	Organizzazione dei corsi (Vecchio ordinamento).....	14
6.5	Calendario degli esami, delle sessioni di laurea e delle vacanze.....	14
6.6	Carico didattico (Nuovo ordinamento).....	16
6.7	Carico didattico (Vecchio ordinamento)	16
7	PIANI DI STUDIO	17
8	OBBLIGHI DI FREQUENZA, PROPEDEUTICITÀ E REQUISITI PER L'ISCRIZIONE AL SUCCESSIVO ANNO DI CORSO.....	20
9	MODALITA' PER IL PASSAGGIO DAL VECCHIO AL NUOVO ORDINAMENTO.....	23
10	CORSI ATTIVATI, DOCENTI E TUTORATO.....	26
10.1	Tutorato	28
11	PROGRAMMI DEI CORSI (Nuovo ordinamento).....	29
12	PROGRAMMI DEI CORSI (VECCHIO ORDINAMENTO).....	43
13	ORARIO RICEVIMENTI.....	58

Ultimo aggiornamento: 29 Ottobre 2003

1 FINALITÀ DEL CORSO

E' noto che il contributo dei fisici è da sempre essenziale per il progresso scientifico e gli avanzamenti tecnologici. Il motivo di ciò non va solo e banalmente ricercato nelle scoperte che la fisica ha compiuto e continua a compiere, ma anche e soprattutto nel metodo scientifico di indagine che tutti i fisici (non solo quei pochi che compiono le grandi scoperte) sistematicamente applicano nell'affrontare i problemi che sono chiamati a risolvere, spesso anche in contesti esterni alla fisica.

Il metodo scientifico di indagine tipico della Fisica consiste in uno stimolante susseguirsi di: osservazione accurata e riproducibile del fenomeno in studio, schematizzazione ed enucleazione dei fatti fondamentali, costruzione di un modello del fenomeno in esame (quasi sempre su basi matematiche), risoluzione formale del modello e infine la verifica sperimentale (che può voler dire anche la smentita) della coerenza fra il modello introdotto e il fenomeno esaminato. La necessità di saper schematizzare modelli, compiere (o quanto meno analizzare) le ineludibili verifiche sperimentali e trarne le conclusioni oggettive, richiedono, da una parte, buone conoscenze teoriche nel campo della fisica e della matematica, capacità di sintesi e di logica, da un'altra, padronanza di tecniche di laboratorio e di analisi dati. Queste doti, spesso presenti nel laureato in fisica, fanno di lui un ideale "solutore di problemi".

E' compito del Corso di laurea aiutare gli studenti a sviluppare ed affinare questa corretta attitudine mentale, stimolando lo studente fin dal primo anno di corso sia con conoscenze teoriche sia con l'apprendimento di tecniche sperimentali di laboratorio. Per questo motivo, il corso di laurea in Fisica presenta una didattica strutturata sia in corsi a carattere teorico (con esercitazioni numeriche), intesi a fornire le competenze di base in fisica classica e moderna e in matematica, sia in corsi di laboratorio, mirati a fornire le tecniche di indagine sperimentale e di elaborazione dei dati (via via più sofisticate nel corso dei tre anni).

La preparazione dei laureati in fisica italiani è sempre stata di livello molto elevato ed ha assicurato ad essi una facile collocazione nel mondo del lavoro, sempre adeguata alle loro capacità e conoscenze. Negli ultimi anni sono sempre di più i fisici che danno il loro contributo, oltre che nel mondo della ricerca fisica di base, anche in svariati altri campi della scienza e delle applicazioni, al cui sviluppo essi contribuiscono mediante il loro apporto metodologico: la scienza e il controllo dell'ambiente, l'informatica, l'economia, le

tecniche di indagine diagnostica e di terapia medica, le indagini storiche e le tecniche di conservazione nel campo dei beni culturali.

In altre parole, non solo per il laureato in Fisica non esiste il problema della disoccupazione, ma esso trova impiego, dopo la laurea, nei campi più vari e in tutti questi riesce a rendersi prezioso e a farsi apprezzare per le sue specificità.

2 NUOVO CORSO DI LAUREA IN FISICA

Il nuovo Corso di Laurea (CdL) in Fisica, istituito presso l'Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, a partire dall'anno accademico 2001-2002, appartiene alla classe XXV, Scienze e Tecnologie Fisiche e si compone dei curricula di *Scienze fisiche* e di *Tecnologie Fisiche*. Il Corso ha la durata normale di 3 anni e si articola in Corsi a carattere istituzionale di fisica, matematica e chimica, che forniscono agli studenti una solida preparazione di base. Di norma l'attività dello studente corrisponde al conseguimento di 60 crediti all'anno. Lo studente che abbia comunque ottenuto 180 crediti adempiendo a tutto quanto previsto dall'Ordinamento, può conseguire il titolo anche prima della scadenza triennale. I due curricula si differenziano al III anno. Il curriculum *Scienze fisiche* prevede attività formative necessarie per fornire conoscenze di base relative alla meccanica statistica e all'astrofisica, nonché un ulteriore approfondimento di meccanica quantistica. Il curriculum *Tecnologie Fisiche* prevede ulteriori attività formative di laboratorio e di approfondimento fenomenologico in varie discipline della fisica moderna.

E' facoltà dello studente presentare un piano di studio individuale che deve comunque soddisfare ai requisiti previsti dalla Classe delle Lauree nelle Scienze e Tecnologie fisiche. La prova finale per il conseguimento della laurea in fisica consiste nella discussione di un elaborato scritto su un'attività teorica o sperimentale svolta su argomenti di fisica moderna (curriculum *Scienze Fisiche*) ovvero nella discussione di un elaborato scritto sulla progettazione ed esecuzione di una misura di fisica a contenuto tecnologico avanzato eseguita dal candidato (curriculum *Tecnologie Fisiche*). Per accedere alla prova finale lo studente deve aver acquisito 174 crediti, corrispondenti normalmente a tre anni accademici per uno studente con adeguata preparazione iniziale e impegnato a tempo pieno negli studi universitari.

Dopo il conseguimento del diploma di primo livello, lo studente può iscriversi ai corsi biennali della Laurea Specialistica in Scienze Fisiche e Astrofisiche che riconosceranno integralmente i 180 crediti del Corso di Laurea in Fisica.

3 OBIETTIVI FORMATIVI, PROFILO CULTURALE E PROFESSIONALE

Gli obiettivi formativi del Corso di Laurea in Fisica consistono nel fornire

- una solida preparazione di base in fisica classica e moderna che consenta al laureato in Fisica sia di perfezionare le sue capacità scientifiche e professionali in corsi di studi di secondo livello sia di inserirsi in attività lavorative che richiedono familiarità con il metodo scientifico;
- una mentalità aperta e flessibile, predisposta al rapido apprendimento di metodi di indagine e di tecnologie innovative, e la capacità di utilizzare attrezzature complesse.

In particolare, il corso di laurea in Fisica, mediante attività formative appositamente previste, ha il fine di preparare laureati che possiedano :

- una buona conoscenza di base dei diversi settori della fisica classica e moderna;
- familiarità con il metodo scientifico di indagine e con la sua applicazione alla rappresentazione e alla modellizzazione della realtà fisica;
- competenze operative e di laboratorio;
- comprensione e capacità di utilizzare strumenti matematici ed informatici adeguati;
- capacità di operare professionalmente in ambiti definiti di applicazione, quali il supporto scientifico alle attività industriali, mediche, sanitarie e concernenti l'ambiente, il risparmio energetico ed i beni culturali, nonché le varie attività rivolte alla diffusione della cultura scientifica;
- capacità di utilizzare efficacemente la lingua inglese nell'ambito specifico di competenza e per lo scambio di informazioni generali;
- adeguate competenze e strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione;
- capacità di lavorare in gruppo, di operare con definiti gradi di autonomia e di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro.

Al completamento del corso di studio, il laureato in Fisica avrà acquisito conoscenze teoriche e sperimentali di base, con approfondimenti nei settori relativi al curriculum prescelto.

In particolare, avrà sviluppato la capacità di individuare e schematizzare gli elementi essenziali di un processo o di una situazione, di elaborare un modello fisico adeguato e di verificarne la validità.

A questo scopo, il laureato deve aver acquisito una buona conoscenza teorica, la capacità di valutare gli ordini di grandezza delle quantità fisiche del processo in esame e di intuire le analogie strutturali con situazioni diverse così da poter adattare al problema di interesse soluzioni sviluppate in contesti fenomenologici differenti. Sul piano sperimentale, il laureato in Fisica deve essere in grado di organizzare il programma di misura, di saper raccogliere e analizzare i dati, di valutare le incertezze di misura stimando i diversi contributi sistematici e aleatori.

4 SBOCCHI OCCUPAZIONALI

Le competenze acquisite consentono al laureato in Fisica di trovare collocazione in una vasta gamma di aree produttive per svolgere attività professionali che richiedono una adeguata conoscenza della fisica e delle sue metodologie, curando attività di modellizzazione e analisi e le relative implicazioni fisiche e informatiche.

Alcuni esempi di sbocchi professionali sono:

- i settori di ricerca e sviluppo delle industrie più tecnologicamente avanzate, con particolare riguardo a quelle di elettronica, ottica, optoelettronica e spaziale;
- i laboratori di fisica in generale, e, in particolare, di radioprotezione, di diagnostica e terapia medica, di analisi di materiali di interesse storico e artistico, di acquisizione ed elaborazione di dati ambientali;
- gli enti preposti al controllo ambientale;
- i settori tecnico-commerciali del terziario relativo all'impiego di tecnologie informatiche.

La formazione del laureato in Fisica è altresì mirata al suo inserimento, dopo ulteriori periodi di istruzione e di addestramento (Laurea Specialistica, Dottorato di Ricerca, Scuole di Specializzazione), in attività di ricerca scientifica o tecnologica a livello avanzato (a Firenze sono presenti: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, INFN; Osservatorio Astrofisico di Arcetri dell'Istituto Nazionale di Astrofisica, INAF; Istituto Nazionale di Ottica, INO; Laboratorio Europeo di Spettroscopia Non Lineare, LENS; Istituto Nazionale di Fisica

della Materia, INFM; e vari istituti del Consiglio Nazionale delle Ricerche, CNR, tra i quali l'Istituto di Fisica Applicata "N. Carrara", IFAC, e l'Istituto di Radio Astronomia, IRA), di fisica sanitaria nell'ambito del servizio sanitario nazionale, di fisica ambientale e in attività di insegnamento e diffusione della cultura scientifica.

5 PREPARAZIONE INIZIALE RICHIESTA, PREREQUISITI E DEBITI FORMATIVI INIZIALI

Sono ammessi al Corso di Laurea in Fisica gli studenti in possesso di un diploma di Scuola secondaria superiore. Lo studente che desidera iscriversi al Corso di Laurea deve avere una buona preparazione sui programmi di aritmetica, algebra, geometria e trigonometria svolti nelle Scuole secondarie superiori. Ogni studente che si iscrive al Corso di Laurea si deve sottoporre a una procedura di valutazione atta a verificare il soddisfacimento o meno dei prerequisiti sopra esposti. La prova avviene il primo giorno del calendario accademico. Il risultato del test di ingresso viene comunicato allo studente con procedura riservata. Coloro che superano positivamente il test sono invitati semplicemente a seguire i corsi di insegnamento. Per coloro che non hanno superato positivamente il test e hanno cioè dimostrato di avere debiti formativi, si procede come segue:

- vengono istituiti dei corsi di recupero che si svolgono un pomeriggio alla settimana per tutto il primo trimestre, secondo un calendario e un orario pubblicizzato all'inizio del I trimestre, anche sulla pagina web del Corso di Laurea;
- alla fine dei corsi di recupero, gli studenti che li hanno seguiti si sottopongono a un secondo test (svolto in maniera da preservare l'anonimato), mirato a verificare l'efficacia dei corsi di recupero predisposti;
- il debito formativo si estingue al momento dell'acquisizione dei crediti previsti per l'attività formativa di base (tipo a) del primo anno di Corso.

Per pubblicizzare l'iniziativa e per permettere agli studenti delle scuole medie superiori di esercitarsi, è disponibile in rete, alla pagina web del Corso di Laurea in Fisica www.fi.infn.it/attdid un prototipo di test, redatto secondo i criteri e con il grado di difficoltà di quello ufficiale. Il questionario fornisce in linea la valutazione e dà a colui che lo compila un'indicazione delle lacune eventualmente presenti, suggerendo anche metodi

per sanare i debiti e indicando nomi di docenti del Corso di Laurea in Fisica disponibili a dare suggerimenti.

6 ORDINAMENTO DEL CORSO DI LAUREA

L'ordinamento si distingue in Nuovo Corso di Laurea in Fisica che si applica a tutti gli studenti immatricolati a partire dall'anno accademico 2001-2002 e in Nuovo Ordinamento Adeguamento (NOA) che si applica a tutti gli altri studenti¹.

Il nuovo Corso di Laurea e il NOA verranno d'ora in avanti chiamati, rispettivamente, *Nuovo ordinamento* e *Vecchio ordinamento*.

6.1 Nuovo ordinamento

Il nuovo Corso di Laurea si compone dei curricula di *Scienze Fisiche* e di *Tecnologie Fisiche*. Il Corso ha la durata normale di 3 anni.

Il Corso di Laurea è basato su attività formative relative a sei tipologie:

- a) di base,
- b) caratterizzanti,
- c) affini o integrative,
- d) autonome,
- e) per la prova finale e la conoscenza della lingua straniera,
- f) per ulteriori conoscenze linguistiche, informatiche, relazionali ed utili all'inserimento nel mondo del lavoro.

Ad ogni tipologia sono assegnati un numero di crediti formativi universitari (CFU), per un totale complessivo di 180 crediti nel corso dei tre anni. Gli insegnamenti sono di norma organizzati in unità didattiche "trimestrali".

Per l'anno accademico 2003-2004, saranno attivati tutti e tre gli anni di corso. Il Corso di Laurea è autorizzato comunque a rilasciare il titolo di studio a tutti coloro che abbiano ottenuto la ammissione al terzo anno di corso, avendo un numero di crediti riconosciuti

¹ Esiste un *Vecchio ordinamento* che si applica solo agli studenti immatricolati negli anni accademici 1993/94 e precedenti; per maggiori informazioni si rimanda alla Guida dello Studente dell'anno accademico 1996/97.

negli ambiti formativi previsti almeno pari a 174. Il titolo è rilasciato in seguito al superamento della prova finale (6 crediti).

L'ordinamento dei vari anni di corso è specificato nel paragrafo 6.3.

Al termine del corso di Laurea triennale (laurea di primo livello) è prevista l'istituzione di un corso di Laurea Specialistica in Scienze Fisiche e Astrofisiche di durata biennale.

6.2 Vecchio Ordinamento

Il Nuovo Ordinamento Adeguamento (NOA) presenta le seguenti caratteristiche:

1. un triennio di formazione comune con 14 annualità² obbligatorie;
2. un quarto anno articolato nei seguenti indirizzi:

A - Indirizzo di Fisica nucleare e subnucleare

B - Indirizzo di Fisica della materia

C - Indirizzo di Astrofisica e Fisica dello spazio

D - Indirizzo di Fisica applicata

E - Indirizzo teorico generale

F - Indirizzo elettronico e cibernetico

Ciascuno di questi indirizzi è di norma articolato in tre corsi annuali e in due moduli semestrali (che, a richiesta dello studente, potranno essere sostituiti da un unico corso annuale) in modo che, complessivamente, almeno due annualità siano strettamente caratterizzanti. Una di tali annualità deve corrispondere a un laboratorio specialistico, con l'eccezione dell'indirizzo teorico-generale per cui sarà sufficiente un modulo semestrale a carattere fenomenologico o di laboratorio.

L'ordinamento dei vari anni di corso è specificato nel paragrafo 6.4.

Il Nuovo Ordinamento Adeguamento modifica un precedente Nuovo Ordinamento (NO) che si applica agli studenti immatricolati dall'anno accademico 1994/95 all'anno accademico 1997/1998; per maggiori informazioni si rimanda alla Guida dello Studente dell'anno accademico 1997/98.

Il Nuovo Ordinamento Adeguamento viene sostituito dal nuovo Corso di Laurea in Fisica triennale con l'attivazione, in questo anno accademico 2003-2004, di tutti e tre gli anni di corso. Pertanto il Nuovo Ordinamento Adeguamento è attivato soltanto per il IV anno di

² Un'annualità consiste in un corso annuale oppure in due moduli semestrali. Un corso annuale può essere strutturato come corso annuale compattato in un semestre, oppure come vero e proprio corso annuale, come avviene per i corsi di laboratorio di indirizzo.

corso³ e si applica a esaurimento degli studenti immatricolati fino all'anno accademico 2000-2001.

6.3 Organizzazione dei corsi (Nuovo ordinamento)

Tutta l'attività didattica del nuovo ordinamento viene articolata in tre trimestri, corrispondenti ciascuno a circa 9 settimane utili, con due periodi di interruzione dedicati agli esami. Il quadro riassuntivo degli insegnamenti previsti è mostrato in Tab. 1.

Tab.1 - Quadro riassuntivo degli insegnamenti.

Primo Anno

Titolo Insegnamento	Tip.	Curriculum	CFU	Settore disciplinare
Analisi Matematica I	a	SF/TF	9	MAT/05
Analisi Matematica IIA	a	SF/TF	3+	MAT/05
Geometria	a	SF/TF	9	MAT/03
Cinematica e Meccanica	b	SF/TF	9	FIS/01
Esperimentazioni IA + IB	b	SF/TF	6+6	FIS/01
Fluidi/Termodinamica	b	SF/TF	6	FIS/01
Chimica	c	SF/TF	6	CHIM/03
Informatica di base	a	SF/TF	3+	INF/01
Inglese	e	SF/TF	3	

Secondo Anno

Titolo Insegnamento	Tip.	Curriculum	CFU	Settore disciplinare
Analisi Matematica IIB	c	SF/TF	+6	MAT/05
Metodi matematici	b	SF/TF	6	FIS/02
Campi elettromagnetici stazionari + Onde elettromagnetiche	b	SF/TF	6+6	FIS/01
Relatività/Ottica/Quanti	b	SF/TF	6	FIS/01
Esperimentazioni IIA + IIB + IIC	b	SF/TF	6+6+6	FIS/01
Meccanica analitica	c	SF/TF	6	MAT/07
Informatica complementi	f	SF/TF	+3	INF/01
Tecniche computazionali I	f	SF/TF	3	

³ Saranno inoltre attivati un corso di *Struttura della materia* e un corso di *Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare*.

Terzo Anno (Curriculum Scienze Fisiche)

Titolo Insegnamento	Tip.	Curriculum	CFU	Settore disciplinare
Meccanica quantistica	b	SF/TF	6	FIS/02
Appl. di meccanica quantistica	b	SF	6	FIS/02
Struttura della materia	b	SF	6	FIS/03
Fisica nucleare e subnucleare	b	SF	6	FIS/04
Fisica statistica	b	SF	3	FIS/01
Istituzioni di astrofisica	b	SF	3	FIS/05
Esperimentazioni IIIA	b	SF	3	FIS/01
Esperimentazioni IIIB	b	SF	3	FIS/05
Tecniche computazionali II	f	SF	3	

un corso a scelta tra

Istituzioni di astrofisica teorica	b	SF	3	FIS/02
Meccanica statistica	b	SF	3	FIS/02

un corso a scelta tra

Complementi di analisi	c	SF/TF	3	MAT/05
Complementi di chimica II	c	SF/TF	3	CHIM/03
Complementi di geometria	c	SF/TF	3	MAT/03
Appl. di meccanica analitica	c	SF/TF	3	MAT/07

9 CFU a scelta dello studente (tipologia d)

Terzo Anno (Curriculum Tecnologie Fisiche)

Titolo Insegnamento	Tip.	Curriculum	CFU	Settore disciplinare
Meccanica quantistica	b	SF/TF	6	FIS/02
Ist. di struttura della materia	b	TF	6	FIS/03
Ist. fisica nucleare e subnucleare	b	TF	6	FIS/04
Tecniche computazionali III	f	TF	3	
Laboratorio di elettronica	b	TF	6	FIS/01

tre corsi a scelta tra

Dispositivi a semiconduttore	b	TF	6	FIS/01
Laser e applicazioni	b	TF	6	FIS/01
Tecnologie fis. per i beni culturali	b	TF	6	FIS/07
Tecniche di rivelatori per radiazioni ionizzanti	b	TF	6	FIS/01
Tecnologie spaziali	b	TF	6	FIS/01

9 CFU a scelta dello studente (tipologia d)

Nella tabella è riportato il *curriculum* (SF=Scienze Fisiche, TF=Tecnologie Fisiche), la tipologia e il settore disciplinare o i settori disciplinari corrispondenti ai crediti. Gli insegnamenti organizzati in moduli sono riconoscibili dalla presenza di una somma nel numero di crediti assegnati. Si noti che l'insegnamento *Informatica di base* è il primo di due moduli, il secondo dei quali (*Informatica complementi*) è svolto al secondo anno di corso e l'insegnamento di *Analisi Matematica IIA* è il primo di due moduli, il secondo dei quali (*Analisi Matematica IIB*) è svolto al secondo anno di corso.

Al terzo anno i curricula *Scienze Fisiche* e *Tecnologie Fisiche* si differenziano e lo studente deve scegliere il curriculum e accettare uno dei *Percorsi di studio consigliati* dal Corso di Laurea (mostrati in Tab.1 e descritti in dettaglio nel paragrafo 7 relativo ai piani di studio) oppure presentare un *Piano di studi individuale*.

Per quanto riguarda le attività di tipo e), per entrambi i curricula sono previsti tre crediti per la lingua straniera e sei per la prova finale. I tre crediti per la lingua straniera sono assegnati a seguito di un colloquio atto ad accertare la capacità dello studente di comprendere un testo scientifico redatto in lingua inglese. Tali crediti possono essere acquisiti anche tramite attestati di valutazione rilasciati dal Centro Linguistico di Ateneo.

Per completare i 60 crediti del terzo anno di corso sono previsti 6 crediti per la prova finale di laurea e ulteriori 9 crediti per attività autonomamente scelte dallo studente (tipologia d). Tali attività di norma corrispondono a corsi universitari previsti dall'Università di Firenze.

Prima dell'inizio dei corsi del terzo anno dell'anno accademico 2003-2004 verranno presentati i contenuti dei corsi opzionali suggeriti nei percorsi di studio. Inoltre, da settembre opererà una commissione "Percorsi di studio" alla quale gli studenti potranno rivolgersi per definire e presentare il loro percorso di studio o per discutere il loro piano di studio individuale secondo le regole burocratiche che verranno stabilite dall'Ateneo.

Prova finale e conseguimento del titolo

Per accedere alla prova finale lo studente deve aver acquisito 174 crediti, corrispondenti normalmente a tre anni accademici per uno studente con adeguata preparazione iniziale e impegnato a tempo pieno negli studi universitari.

La prova finale per il conseguimento della laurea in fisica consiste nella discussione di un elaborato scritto su un'attività teorica o sperimentale di fisica moderna (curriculum "Scienze Fisiche") ovvero nella discussione di un elaborato scritto sulla progettazione ed

esecuzione di una misura di fisica a contenuto tecnologico avanzato eseguita dal candidato (curriculum "Tecnologie Fisiche").

L'attività relativa alla prova finale deve essere concordata con un relatore e seguita dal relatore stesso. La discussione della relazione avviene davanti a una Commissione di laurea composta da almeno sette membri. Il voto di laurea, espresso in centodecimi con eventuale lode, valuta il curriculum dello studente, la relazione scritta e la presentazione orale della medesima.

Modalità di esame

Al termine del I e III trimestre sono predisposti due appelli, distanziati di almeno quattordici giorni per tutti gli esami del Corso di Laurea. Alla fine del II trimestre sono previsti due appelli (distanziati come sopra detto) per i corsi appena conclusi e un appello per tutti gli altri insegnamenti. Nel mese di settembre è prevista una sessione con due appelli. Le sessioni di esame di un insegnamento che si svolge in un determinato trimestre si tengono alla fine del trimestre in questione e alla fine dei due trimestri successivi (anche se temporalmente collocate nell'anno accademico seguente), oltre ai due appelli di settembre dell'anno accademico in cui è tenuto il corso.

Lo studente è fortemente incoraggiato a organizzare la propria attività didattica in modo da sostenere l'esame alla fine del corso corrispondente, concentrando i recuperi di esami non superati negli appelli delle sessioni estive (luglio - settembre).

Di norma gli esami sono costituiti da prove scritte (cui lo studente può chiedere di aggiungere una discussione orale), o da prove orali. I docenti comunicano agli studenti le modalità delle prove all'inizio dei corsi. Gli insegnamenti organizzati in moduli (vedi tabella del punto 6.3) hanno un sistema di accreditamento modulo per modulo o complessivo.

Per alcuni insegnamenti (Inglese, Tecniche Computazionali I, II e III) l'accREDITAMENTO avviene tramite un giudizio di idoneità.

Maggiori dettagli sulle modalità di esame si possono trovare sul *Manifesto del Corso di Laurea in Fisica* (www.fi.infn.it/manifesto.htm), nella pagina web del corso di laurea, alla voce specifica *Corsi attivati, docenti e modalità degli esami* (www.fi.infn.it/attdid/didattica/esami/index.html) e con le informazioni che i docenti forniranno all'inizio del loro corso.

Calendario dei corsi A.A. 2003-2004

I ANNO

I Trimestre: 22 settembre 2003 - 29 novembre 2003

Analisi matematica I; Geometria.

II Trimestre: 12 gennaio 2004 – 13 marzo 2004

Analisi matematica IIA; Cinematica e Meccanica; Esperimentazioni IA.

III Trimestre: 19 aprile 2004 – 19 giugno 2004

Fluidi/Termodinamica; Chimica; Esperimentazioni IB; Informatica di base.

II ANNO

I Trimestre: 29 settembre 2003 - 29 novembre 2003

Analisi matematica IIB; Campi elettromagnetici stazionari; Esperimentazioni IIA; Informatica complementi.

II Trimestre: 12 gennaio 2004 – 13 marzo 2004

Metodi matematici; Onde elettromagnetiche; Esperimentazioni IIB; Tecniche computazionali I.

III Trimestre: 19 aprile 2004 – 19 giugno 2004

Relatività/Ottica/Quanti; Meccanica analitica; Esperimentazioni IIC.

III ANNO

I Trimestre: 29 settembre 2003 - 29 novembre 2003

Meccanica quantistica; Fisica statistica; Tecniche computazionali II; Meccanica statistica; Complementi di Chimica II; Tecnologie fisiche per i beni culturali; Laboratorio di elettronica.

II Trimestre: 12 gennaio 2004 – 13 marzo 2004

Applicazioni di meccanica quantistica; Istituzioni di astrofisica; Istituzioni di astrofisica teorica; Istituzioni di struttura della materia; Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare; Complementi di analisi; Applicazioni di meccanica analitica; Tecnologie spaziali.

III Trimestre: 19 aprile 2004 – 19 giugno 2004

Struttura della materia; Fis. nucleare e subnucleare; Esperimentazioni IIIA; Esperimentazioni IIIB; Complementi di geometria; Laser e applicazioni; Dispositivi a semiconduttore; Tecn. di rivelatori per radiazione ionizzante; Tecniche computazionali III.

6.4 Organizzazione dei corsi (Vecchio ordinamento)

Tutta l'attività didattica del vecchio ordinamento viene articolata in due semestri, corrispondenti ciascuno a circa 13 settimane utili, con un periodo di interruzione dedicato agli esami. I corsi, salvo quelli di laboratorio che restano su base annuale, vengono svolti in forma intensiva nell'ambito di un semestre, incluse le eventuali esercitazioni.

Calendario dei corsi A.A. 2003-2004

IV ANNO

I Semestre: 29 settembre 2003 - 17 gennaio 2004

Astrofisica, Astronomia, Fisica dei liquidi, Fisica degli stati condensati, Fisica dei neutroni, Fisica delle basse temperature, Fisica delle particelle elementari, Fisica spaziale, Fisica teorica, Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare (B,D,F), Metodi sperimentali di fisica subnucleare, Onde elettromagnetiche, Ottica, Particelle di altissima energia, Radioattività, Relatività, Spettroscopia astronomica, Struttura della materia (A,C,E).

II Semestre: 1 marzo 2004 - 5 giugno 2004

Astrofisica delle alte energie, Elettronica quantistica, Fisica atomica, Fisica criogenica, Fisica dei dispositivi elettronici, Fisica dello stato solido, Fisica del mezzo interstellare, Fisica nucleare, Fisica sanitaria, Fisica solare, Fisica subnucleare, Fondamenti della fisica, Meccanica statistica, Metodologie fisiche per i beni culturali, Ottica quantistica, Radioastronomia, Teoria dei campi, Teoria dei sistemi a molti corpi.

Corsi di Laboratorio (a svolgimento annuale): Laboratorio di fisica nucleare e subnucleare, Laboratorio di fisica della materia, Astrofisica (Laboratorio), Strumentazioni fisiche (Laboratorio), Elettronica(Laboratorio).

La ripartizione per indirizzo dei corsi del terzo anno, lettere A-F (vedi punto 6.2), serve solo come prima indicazione e non è vincolante per gli studenti che possono scegliere di seguire indifferentemente l'uno o l'altro dei due corsi aventi lo stesso nome, qualunque sia l'indirizzo da loro prescelto.

6.5 Calendario degli esami, delle sessioni di laurea e delle vacanze

Per l'anno accademico 2003 - 2004 il calendario degli esami è il seguente:

Nuovo ordinamento

1^a Sessione (due appelli): 1 dicembre 2003 - 10 gennaio 2004

II^a Sessione (uno o due appelli): 15 marzo 2004 – 17 aprile 2004

III^a Sessione (due appelli): 21 giugno 2004 – 31 luglio 2004

IV^a Sessione di recupero (due appelli): 1 settembre 2004 – 30 settembre 2004

La II^a Sessione prevede due appelli per i corsi che hanno avuto luogo nel II trimestre e un appello per tutti gli altri corsi.

Vecchio ordinamento

I^a Sessione (due appelli): 26 gennaio 2004 - 28 febbraio 2004

II^a Sessione (due appelli): 7 giugno 2004 - 31 luglio 2004

III^a Sessione (due appelli): 1 settembre 2004 - 30 settembre 2004

La I^a Sessione di esami coincide con la Sessione straordinaria di Febbraio (ovvero il prolungamento di quella autunnale dell'anno accademico 2002-2003) per gli studenti che abbiano ottenuto la firma di frequenza del corso in tale anno o in quelli precedenti, ed è la prima sessione dell'anno accademico 2003-2004 per gli studenti che abbiano ottenuto la firma di frequenza nel primo semestre dell'anno in corso.

Il colloquio di Lingua potrà svolgersi anche in periodi diversi dalle sessioni suddette, secondo la normativa generale degli esami universitari.

Gli esami potranno essere sostenuti anche in periodi diversi dalle sessioni sopra stabilite (uno nel mese di aprile e uno nel bimestre novembre-dicembre) dagli studenti lavoratori e dagli studenti fuori corso, secondo la normativa generale degli esami stabilita dal Regolamento Didattico di Facoltà (vedi http://www.unifi.it/statuto/reg_dida/scienze.html).

Per ogni esame del vecchio ordinamento sono previste le sessioni di esame *canoniche* fino al completamento dell'anno accademico in cui l'insegnamento è stato impartito per l'ultima volta. A partire dal giugno dell'anno successivo, i soli appelli di esame possibili sono quelli del nuovo ordinamento. In via transitoria, fino all'entrata in vigore degli appelli di esame dell'ordinamento triennale, il docente interessato può aprire a tutti gli studenti le sessioni straordinarie per studenti lavoratori e fuori corso.

Per l'anno accademico 2002 - 2003 il calendario delle sessioni di laurea è il seguente:

- 17 giugno 2003
- 22 luglio 2003
- 29 settembre 2003

- 9 dicembre 2003
- 10 febbraio 2004
- 27 aprile 2004

Per l'anno accademico 2003-2004 gli appelli di laurea verranno stabiliti e comunicati successivamente.

Vacanze ufficiali durante i periodi di lezione:

Nuovo ordinamento

- I Trimestre: 8 dicembre 2003
- II Trimestre: nessuna
- III Trimestre: 2 giugno 2004

Vecchio ordinamento

- I Semestre: 1 novembre 2003, 8 dicembre 2003, Natale: 24 dicembre 2003 - 6 gennaio 2004
- II Semestre: Pasqua: 8-13 aprile 2004, 1 maggio 2004, 2 giugno 2004

6.6 Carico didattico (Nuovo ordinamento)

Ad ogni credito formativo universitario è associato un impegno medio di 25 ore da parte dello studente, suddivise fra didattica frontale (circa un terzo) e studio autonomo (circa due terzi), eventualmente assistito da tutori. Le ore di lezione-esercitazione frontali sono limitate a 500 per anno di corso. Le forme didattiche previste sono le seguenti: a) lezioni in aula; b) esercitazioni in aula o in aula informatica; c) sperimentazioni in laboratorio ovvero laboratorio informatico, individuali o di gruppo; d) corsi e/o sperimentazioni presso strutture esterne all'università o soggiorni presso altre università italiane o straniere nel quadro di accordi internazionali.

6.7 Carico didattico (Vecchio ordinamento)

I corsi comprendono di norma 60 ore di lezione, (con un massimo di 5 ore/settimana) salvo alcuni corsi fondamentali che, secondo la tabella specificata sotto, possono comprendere fino ad un massimo di 78 ore (6 ore/settimana).

I corsi di laboratorio comprendono di norma 55 ore di lezioni, prevalentemente nel primo semestre, e fino a 40 ore di esercitazioni in laboratorio.

I corsi fondamentali attivati nell'anno accademico 2003-04 includono esercitazioni secondo lo schema di ore settimanali seguenti:

	Lezioni	Esercitazioni
Struttura della Materia	5	3
Ist. Fis. Nucl. e Subnuc.	5	4

7 PIANI DI STUDIO

Nuovo ordinamento

E' facoltà dello studente presentare un **Piano di studio individuale**. Tale piano, da presentarsi entro il 30 novembre di ogni anno, deve comunque soddisfare ai requisiti previsti dalla Classe delle Lauree nelle Scienze e Tecnologie Fisiche. Tale piano di studi è soggetto ad approvazione da parte del Consiglio di Corso di Laurea, che deve fornire la risposta entro il mese di dicembre. Qualora lo studente dei primi due anni di corso non presenti entro novembre il Piano di studio individuale si assume che egli accetti i **Percorsi di studio consigliati** dal Corso di Laurea, mostrati nella Tab.1.

All'atto dell'iscrizione al terzo anno di corso lo studente indica la scelta del curriculum. Lo studente iscritto al terzo anno del curriculum Scienze Fisiche deve necessariamente formalizzare le seguenti scelte (vedi Tab.1):

- un corso a scelta tra *Meccanica statistica* e *Istituzioni di astrofisica teorica*;
- un corso a scelta tra i corsi di tipologia c): *Complementi di analisi*, *Complementi di chimica II*, *Complementi di geometria*, *Applicazioni di meccanica analitica*;

Per quanto riguarda i 9 crediti a scelta di tipologia d), fermo restando che lo studente può presentare un piano di studio individuale che indichi corsi di suo interesse non menzionati in questo Vademecum, il Corso di Laurea garantisce l'approvazione di percorsi che esauriscano i 9 crediti sui seguenti insegnamenti, che saranno organizzati senza sovrapposizioni fra di loro né con gli altri corsi istituzionali:

- il corso rimanente tra *Meccanica statistica* e *Istituzioni di astrofisica teorica* (suggerito);
- i corsi rimanenti di: *Complementi di analisi*, *Complementi di chimica II*, *Complementi di geometria*, *Applicazioni di meccanica analitica*;

- uno a scelta dei corsi di tecnologie: *Dispositivi a semiconduttore, Laser e applicazioni, Tecnologie fisiche per i beni culturali, Tecnologie spaziali, Tecniche di rivelatori per radiazioni ionizzanti*;

- il corso di *Laboratorio di elettronica* (consigliato agli studenti interessati ai curricula "Elettronico, cibernetico e tecnologico" e "Tecnologie Spaziali" del Corso di Laurea Specialistica in Scienze Fisiche e Astrofisiche).

Lo studente di Scienze Fisiche può inoltre, presentando il piano di studio individuale, sostituire i seguenti corsi:

- *Istituzioni di struttura della materia* al posto di *Struttura della materia*;

- *Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare* al posto di *Fisica nucleare e subnucleare*;

- *Tecniche computazionali III* al posto di *Tecniche computazionali II*.

Lo studente iscritto al terzo anno del curriculum Tecnologie Fisiche deve necessariamente formalizzare le seguenti scelte (vedi Tab.1):

- tre corsi di tecnologie a scelta tra *Dispositivi a semiconduttore, Laser e applicazioni, Tecnologie fisiche per i beni culturali, Tecnologie spaziali, Tecniche di rivelatori per radiazioni ionizzanti*;

Per quanto riguarda i 9 crediti a scelta di tipologia d), fermo restando che lo studente può presentare un piano di studio individuale che indichi corsi di suo interesse non menzionati in questo Vademecum, il Corso di Laurea garantisce l'approvazione di percorsi che esauriscano i 9 crediti sui seguenti insegnamenti, che saranno organizzati senza sovrapposizioni fra di loro né con gli altri corsi istituzionali.

- i corsi di FIS/05 (astrofisica): *Istituzioni di astrofisica e Esperimentazioni IIIB* ⁽⁴⁾;

- i corsi di: *Complementi di analisi, Complementi di chimica II, Complementi di geometria, Applicazioni di meccanica analitica, Fisica statistica, Meccanica statistica e Istituzioni di astrofisica teorica*;

- un altro corso a scelta tra i corsi rimanenti di tecnologie: *Dispositivi a semiconduttore, Laser e applicazioni, Tecnologie fisiche per i beni culturali, Tecnologie spaziali, Tecniche di rivelatori per radiazioni ionizzanti*.

Lo studente può inoltre, presentando il piano di studio individuale, sostituire i seguenti corsi:

- *Struttura della materia* al posto di *Istituzioni di struttura della materia*;

⁴ Poiché la Laurea specialistica in Scienze Fisiche e Astrofisiche dell'Università di Firenze richiede obbligatoriamente 6 CFU di astrofisica, questa scelta consente di avere meno vincoli sui due anni di Laurea Specialistica.

- *Fisica nucleare e subnucleare* al posto di *Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare*.

Prima dell'inizio dei corsi del terzo anno dell'anno accademico 2003-2004 verranno presentati i contenuti dei corsi opzionali suggeriti nei percorsi di studio. Inoltre, da settembre opererà una commissione "Percorsi di studio" alla quale gli studenti potranno rivolgersi per definire e presentare il loro percorso di studio o per discutere il loro piano di studio individuale secondo le regole burocratiche che verranno stabilite dall'Ateneo.

Vecchio ordinamento

La scelta dell'indirizzo deve essere effettuata all'atto dell'iscrizione al 3° anno, compilando un Piano di Studio. All'atto dell'iscrizione al 4° anno, lo studente potrà richiedere, con domanda motivata, di cambiare l'indirizzo prescelto. I Piani di Studio vanno consegnati alla Segreteria Studenti della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali entro il 31 dicembre di ogni anno e vengono esaminati dal Consiglio di Corso di Laurea entro il gennaio successivo. Un Piano di Studio può essere modificato con un successivo Piano di Studio. In ogni caso l'ultimo Piano di Studio approvato dal Consiglio di Corso di Laurea è vincolante per lo studente.

Gli studenti sono invitati a rivolgersi al Presidente o ai Tutori (vedi in punto 9.1) per avere chiarimenti e consigli riguardo alla compilazione dei Piani di Studio.

I Piani di Studio per gli studenti del nuovo ordinamento si riferiscono essenzialmente al quarto anno, poiché il nuovo ordinamento non prevede la possibilità di sostituire alcuno degli esami dei primi tre anni.

Il Consiglio ha fissato alcune norme di carattere generale riguardanti i piani di studio, fermo restando che ogni piano deve essere esaminato singolarmente. Le principali regole e indicazioni sono le seguenti:

1. Oltre ai 14 corsi obbligatori previsti per i primi tre anni, il piano di studio deve contenere almeno due annualità strettamente caratterizzanti dell'indirizzo prescelto, una delle quali deve corrispondere al laboratorio specialistico dell'indirizzo stesso, ad eccezione dell'indirizzo teorico-generale per cui sarà sufficiente un modulo semestrale a carattere fenomenologico o di laboratorio.
2. I due corsi semestrali possono essere sostituiti con un solo corso annuale.

3. Fino ad un massimo di due annualità possono essere spezzate in due corsi semestrali ciascuna.
4. I corsi del terzo anno possono essere scelti indifferentemente fra i due previsti in semestri diversi, anche se relativi a un indirizzo diverso da quello scelto.
5. I corsi non obbligatori possono essere scelti dallo studente fra tutti quelli attivati. In casi ben motivati il laboratorio di indirizzo potrà essere sostituito con altro laboratorio specialistico; inoltre potranno essere inseriti nel piano di studio insegnamenti di altri Corsi di Laurea della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali o, in via eccezionale, di altre Facoltà.
6. Il piano di studio, per essere definitivamente approvato, deve contemplare 18 annualità, oppure 17 annualità + 2 semestralità, oppure 16 annualità + 4 semestralità. Si richiede che il piano di studio abbia una sua coerenza interna, in relazione all'indirizzo prescelto. Tuttavia, in linea generale si consiglia di non restringere la scelta ai soli insegnamenti specialistici di un dato indirizzo; in particolare il Consiglio di Corso di Laurea raccomanda che un corso del quarto anno, anche semestrale, di un piano di studio relativo a uno degli indirizzi A, B, C, D e F sia di contenuto teorico, e che un corso del quarto anno, anche semestrale, di un piano di studio relativo all'indirizzo E sia di laboratorio.

8 OBBLIGHI DI FREQUENZA, PROPEDEUTICITÀ E REQUISITI PER L'ISCRIZIONE AL SUCCESSIVO ANNO DI CORSO

Nuovo ordinamento

La frequenza ai corsi è una condizione essenziale per un proficuo inserimento dello studente nell'organizzazione didattica del Corso di Laurea. La attestazione di frequenza è rilasciata alla fine del corso dal titolare dell'insegnamento.

Per i corsi con esercitazioni di laboratorio o di laboratorio informatico la frequenza è obbligatoria e accertata a ogni seduta di laboratorio.

Per sostenere l'esame di un insegnamento del Corso di Laurea, lo studente deve essere in possesso della attestazione di frequenza di quel corso. Lo studente può seguire qualunque insegnamento riportato nel Manifesto degli Studi e ottenere la relativa attestazione di frequenza.

Gli insegnamenti sono di norma organizzati in unità didattiche *trimestrali*. Alcuni corsi di insegnamento, cui corrisponde un unico esame finale, constano di due o più unità didattiche trimestrali (normalmente contigue). In questi casi, il modulo precedente è propedeutico al successivo, ovvero il successivo ha come prerequisito la frequenza al precedente. Inoltre l'accREDITamento del primo modulo deve necessariamente precedere quello dei successivi. In generale, la successione temporale dei corsi predisposta dal Corso di Laurea è quella ottimale per il progredire della carriera didattica dello studente: **il superamento degli esami nella medesima successione con la quale vengono impartiti gli insegnamenti è l'unico metodo che permette il soddisfacimento delle propedeuticità di tutti i corsi.** Come regola formale e generale di propedeuticità per gli esami, lo studente per sostenere l'esame finale di profitto di un insegnamento (o dei moduli associati) deve essere in possesso di tutti i crediti di tipo a), b) e c) previsti dal Manifesto degli Studi (o dal suo Piano di studio individuale approvato) per gli anni precedenti a quello in cui si svolge il corso in questione. Tuttavia, onde evitare che la imposizione di una rigida propedeuticità forzi lo studente, nel caso di mancato superamento di uno specifico esame, a interrompere il processo di apprendimento e inneschi viceversa un pericoloso sfasamento fra corsi seguiti ed esami, il Corso di Laurea ha definito delle condizioni meno restrittive che permettono di derogare dalla regola generale di propedeuticità (che resta comunque applicabile, se favorevole allo studente) fissando degli obiettivi minimi che devono essere raggiunti dallo studente entro l'ultimo appello di settembre, per potere sostenere gli esami previsti per l'anno di corso successivo dal Manifesto o dal Piano di studio individuale approvato. I requisiti minimi fissati dal Corso di Laurea sono i seguenti:

- **esami degli insegnamenti del II anno:** almeno 12 crediti di attività formative di tipo a) e almeno 12 crediti di attività formative di tipo b), *oppure* almeno 32 crediti acquisiti in totale.
- **esami degli insegnamenti del III anno:** almeno 21 crediti di attività formative di tipo a), almeno 39 crediti di attività formative di tipo b) e almeno 6 crediti di attività formative di tipo c), *oppure* almeno 80 crediti acquisiti in totale.

Vecchio ordinamento

Lo studente è fortemente incoraggiato a organizzare la propria attività didattica in modo da sostenere l'esame alla fine del corso corrispondente, concentrando i recuperi di esami non superati negli appelli delle sessioni estive (luglio - settembre).

Per potersi iscrivere al quarto anno è necessario aver superato almeno otto esami.

Per sostenere un esame qualsiasi del 2° biennio è necessario aver superato *Analisi Matematica I e II*, *Fisica Generale I e II* e la prova di conoscenza della *lingua inglese*. I corsi terminanti con I e II sono propedeutici, rispettivamente, a quelli terminanti con II e III. Oltre a tali norme generali devono essere rispettate le ulteriori precedenze di esami riportate nella seguente tabella:

Esami	Precedenze
Metodi Matem. Fisica	Geometria
Ist. di Fisica Teorica	Geometria, Esperimentazioni Fisica I, Meccanica Razionale
Struttura della Materia	Geometria, Esperimentazioni Fisica I
Ist. Fis. Nucl. e Subnucl.	Geometria, Esperimentazioni Fisica I

Salvo casi eccezionali ben motivati, non saranno approvate deroghe alle precedenze indicate.

Il sistema dei corsi intensivi semestrali permette di sostenere esami già nella prima sessione di Febbraio (*ricordarsi di prendere la firma di frequenza!*). Questo tipo di organizzazione dovrebbe abbreviare la durata effettiva degli studi; ciò richiede che lo studente faccia lo sforzo di seguire subito corsi ed esercitazioni. Durante i primi tre anni, i corsi del primo semestre sono generalmente di tipo matematico o metodologico e propedeutici rispetto a quelli del secondo semestre, di carattere più fenomenologico.

È molto importante preparare e dare per tempo gli esami di *Fisica Generale I e II*, in vista dello sbarramento del 3° anno. È fortemente consigliato sostenere l'esame di *Geometria* prima di quello di *Analisi Matematica II*, e la frequenza di *Metodi Matematici della Fisica* e *Istituzioni di Fisica Teorica* prima di quella di *Struttura della Materia* e di *Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare*. I corsi di *Istituzioni di Fisica teorica*, *Metodi Matematici della Fisica*, *Struttura della Materia* e *Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare*, raddoppiati (uno per semestre), permettono agli studenti che non siano in pari con gli esami di cominciare a frequentare i corsi comuni al secondo semestre.

9 MODALITA' PER IL PASSAGGIO DAL VECCHIO AL NUOVO ORDINAMENTO

Gli studenti iscritti al Corso di Laurea in Fisica del vecchio ordinamento, che intendano iscriversi al nuovo ordinamento potranno ottenere il riconoscimento dei crediti assegnati ai preesistenti insegnamenti, secondo la Tab.2 (altri casi diversi da quelli previsti dovranno essere valutati individualmente dal Consiglio di Corso di Laurea).

**Tab.2 - Corso di Laurea in Fisica (Curriculum Scienze Fisiche)
Riconoscimento crediti dell'ordinamento preesistente**

Insegnamento ordinamento preesistente	CFU totali	di base (a)	caratterizzanti (b)	affini/integrativi (c)	a scelta stud. (d)	Prova finale/lingua (e)	Altro (f)	Ecced.
Analisi Matematica I	12	12-MAT/05: 1) 6-Calcolo Differenziale 6-Calcolo Integrale						
Esperimentaz. Fisica I	14		12-FIS/01: 6-Esperimentaz.IA 6-Esperimentaz.IB				2 CFU	
Fisica Generale I	15		15-FIS/01: 2) 3-Meccanica 6-Meccanica/Sistemi 6-Termodinamica					
Geometria	12	9-MAT/03: 9-Geometria			3-MAT/03: 3-Compl. di geometria			
Coll. Lingua Inglese	3					3-Inglese		
Chimica Gen. e Inorg.	12			6-CHIM/03: 6-Chimica	3-CHIM/03: 3-Compl. di chimica II			3-CHIM/03
Analisi Matematica II	12			6-MAT/05: 3) 6-Equazioni Diff. Lineari	3-MAT/05 3- Compl. di analisi		3 CFU	
Esperimentaz. Fisica II	14		12-FIS/01: 6-Esperimentaz.IIA 6-Esperimentaz.IIB				2 CFU	
Fisica Generale II	15		15-FIS/01: 6-Campi e.m. Staz. 6-Onde e.m. 3-Relatività/Ottica					
Meccanica Razionale	12		3-FIS/01: 3-Fisica statistica	9-MAT/07: 6-Meccanica Analitica 3-Appl. di mecc. analitica				
Istituzioni di Fisica Teorica	15		3-FIS/01: 3-Quant 12-FIS/02: 6-Meccanica Quant. 6-Applic.Mecc.Quant.					
Metodi Matem. della Fisica	12		6-FIS/02: 6-Metodi Matematici				2 CFU	4-FIS/02
Struttura della Materia	15		6-FIS/03: 6-Struttura della Mater. 3-FIS/02: 3-Meccanica Statistica					6-FIS/03
Istituz.Fis. Nucl.Subn.	15		6-FIS/04: 6-Fisica Nucl. e Sub. 3-FIS/05: 3-Ist. Astrofisica					6-FIS/04
Esperimentaz. Fisica III	15	3-INF/01: 3-Informatica di base	12-FIS/01: 6-Esperimentaz.IIC 3-Esperimentaz.IIIA 3-Esperimentaz.IIIB					
Lab. di Indirizzo	14							
Corso ann. IV anno	12							
Corso sem. IV anno	6							
Totale		24	108	21	9	3	9⁴⁾	19

1) oppure 9-Analisi Matematica I e 3-Analisi Matematica IIA

2) oppure 9-Cinematica e Meccanica e 6-Fluidi/Termodinamica

3) oppure 6-Analisi Matematica IIB

4) Insegnamenti riconosciuti nella tipologia f: Informatica -complementi, Tecniche computazionali I e II per un totale di 9 CFU

Tab.2 - Corso di Laurea in Fisica (Curriculum Tecnologie Fisiche)
Riconoscimento crediti dell'ordinamento preesistente

Insegnamento ordinamento preesistente	CFU totali	di base (a)	caratterizzanti (b)	affini/integrativi (c)	a scelta stud. (d)	Prova finale/lingua (e)	Altro (f)	Ecced.
Analisi Matematica I	12	12-MAT/05: 1) 6-Calcolo Differenziale 6-Calcolo Integrale						
Esperimentaz. Fisica I	14		12-FIS/01: 6-Esperimentaz.IA 6-Esperimentaz.IB				2 CFU	
Fisica Generale I	15		15-FIS/01: 2) 3-Meccanica 6-Meccanica/Sistemi 6-Termodinamica					
Geometria	12	9-MAT/03: 9-Geometria			3-MAT/03: 3-Compl. di geometria			
Coll. Lingua Inglese	3					3-Inglese		
Chimica Gen. e Inorg.	12			6-CHIM/03: 6-Chimica	3-CHIM/03: 3-Compl. di chimica II			3-CHIM/03
Analisi Matematica II	12			6-MAT/05: 3) 6-Equazioni Diff. Lineari	3-MAT/05 3- Compl. di analisi		3 CFU	
Esperimentaz. Fisica II	14		12-FIS/01: 6-Esperimentaz.IIA 6-Esperimentaz.IIB				2 CFU	
Fisica Generale II	15		15-FIS/01: 6-Campi e.m. Staz. 6-Onde e.m. 3-Relatività/Ottica					
Meccanica Razionale	12			6-MAT/07: 6-Meccanica Analitica				6-MAT/07
Istituzioni di Fisica Teorica	15		3-FIS/01: 3-Quanti 6-FIS/02: 6-Istit. di Meccanica Quantistica					6-FIS/02
Metodi Matem. della Fisica	12		6-FIS/02: 6-Metodi Matematici				2 CFU	4-FIS/02
Struttura della Materia	15		6-FIS/03: 6- Istit. di Struttura della Matereria					9-FIS/03
Istituz.Fis. Nucl.Subn.	15		6-FIS/04: 6-Istit. di Fisica Nucl. e Subnucleare					9-FIS/04
Esperimentaz. Fisica III	15	3-INF/01: 3-Informatica di base	12-FIS/01: 6-Esperimentaz.IIC 3-Lab. di elettronica					
Lab. di Indirizzo	14		12 FIS/01 e/o FIS/07: 6-Tecnologie 1 6-Tecnologie 2					2-FIS/XX
Corso ann. IV anno	12							
Corso sem. IV anno	6							
Totale		24	93 (+12)	18	9	3	9⁴⁾	39

1) oppure 9-Analisi Matematica I e 3 -Analisi Matematica IIA

2) oppure 9-Cinematica e Meccanica e 6 -Fluidi/Termodinamica

3) oppure 6-Analisi Matematica IIB

4) Insegnamenti riconosciuti nella tipologia f: Informatica -complementi, Tecniche computazionali I e II per un totale di 9 CFU

CORSI ATTIVATI, DOCENTI E TUTORATO

Nuovo Ordinamento

Corso	Curriculum	Trim.	Docente	Dip. Docente
I ANNO				
Analisi matematica I	SF/TF	I	G. Villari	Matematica
Analisi matematica IIA	SF/TF	II	G. Villari	Matematica
Geometria	SF/TF	I	G. Patrizio	Matematica
Cinematica e Meccanica	SF/TF	II	M. Colocci	Fisica
Esperimentazioni IA	SF/TF	II	A. Stefanini	Fisica
Esperimentazioni IB	SF/TF	III	R. Falciani	Astronomia
Fluidi/Termodinamica	SF/TF	III	M. Calvetti	Fisica
Chimica	SF/TF	III	A. Vacca	Chimica
Informatica di base	SF/TF	III	P. Crescenzi	Informatica
II ANNO				
Analisi matematica IIB	SF/TF	I	E. Mascolo	Matematica
Metodi matematici	SF/TF	II	G. Martucci	Fisica
Campi elettromagnetici stazionari	SF/TF	I	N. Taccetti / G. Tino	Fisica
Onde elettromagnetiche	SF/TF	II	F. Barocchi	Fisica
Relatività / Ottica / Quanti	SF/TF	III	F. Barocchi/G. Longhi	Fisica
Esperimentazioni IIA	SF/TF	I	E. Focardi	Fisica
Esperimentazioni IIB	SF/TF	II	A. Perego	Fisica
Esperimentazioni IIC	SF/TF	III	R. D'Alessandro	Fisica
Meccanica analitica	SF/TF	II	A. Fasano	Matematica
Informatica complementi	SF/TF	I	P. Crescenzi	Informatica
Informatica di base	SF/TF	III	P. Crescenzi	Informatica
III ANNO				
Meccanica quantistica	SF/TF	I	G. Longhi	Fisica
Appl. di meccanica quantistica	SF	II	M. Ademollo	Fisica
Struttura della materia	SF	III	M. Inguscio	Fisica
Fisica nucleare e subnucleare	SF	III	B. Mosconi	Fisica
Ist. di struttura della materia	TF	II	R. Pratesi	Fisica
Ist. di fisica nucleare e subnucl.	TF	II	G. Poggi	Fisica
Istituzioni di astrofisica	SF	II	C. Chiuderi	Astronomia
Istituzioni di astrofisica teorica	SF	II	F. Pacini	Astronomia
Fisica statistica	SF	I	R. Livi / D. Dominici	Fisica
Meccanica statistica	SF	I	R. Livi	Fisica
Complementi di chimica II	SF/TF	I	A. Vacca	Chimica
Complementi di geometria	SF/TF	III	G. Patrizio	Matematica
Complementi di analisi	SF/TF	II	E. Mascolo	Matematica
Tecniche computazionali II	SF	I	R. Giachetti	Fisica
Tecniche computazionali III	TF	III	M. Bini	Fisica

Laboratorio di elettronica	TF	I	M. Carlà	Fisica
Esperimentazioni IIIA	SF	III	G. Poggi	Fisica
Esperimentazioni IIIB	SF	III	M. Romoli	Astronomia
Dispositivi a semiconduttore*	TF	III	M. Gurioli	Fisica
Laser e applicazioni	TF	III	R. Pratesi	Fisica
Tecn. di diagnostica ambientale	TF	I	Non attivato 2003-04	
Tecniche di fisica sanitaria	TF	I	Non attivato 2003-04	
Tecnol. fisiche per i beni culturali	TF	I	P.A. Mandò	Fisica
Tecnologie spaziali	TF	II	P. Spillantini / E. Pace	Fisica / Astron.
Tecn. di rivelatori per rad. ionizz.	TF	III	N. Taccetti	Fisica

* *Mutua Fisica dei dispositivi elettronici* (V.O.)

Vecchio Ordinamento

Corso	Indirizzo	Sem.	Docente	Dip. Docente
IV ANNO				
Corsi fondamentali				
Struttura della materia	(A, C, E)	I	V. Tognetti	Fisica
Ist. di fis. nucleare e subnucl.	(B, D, F)	I	P.R. Maurenzig	Fisica
Corsi di Laboratorio				
Astrofisica (Laboratorio)	(C)*	A	A. Righini	Astronomia
Elettronica (Laboratorio)	(F)	A	M. Carlà	Fisica
Lab. di fisica della materia	(B)	A	M. Inguscio / F. Marin	Fisica
Laboratorio di fis. nucleare e subnucleare	(A)*	A	P. Sona	Fisica
Strumentazioni fisiche (Lab.)	(D)	A	P. Blasi	Fisica
Corsi Caratterizzanti di Indirizzo				
Astrofisica	(C)	I (a)	C. Chiuderi	Astronomia
Astrofisica delle alte energie	(C)	II (a/s)	F. Pacini	Astronomia
Astronomia	(C)	I (a)	M. Landini	Astronomia
Cosmologia	(C)	(s)	Non attivato 2003-04	
Elettronica	(D,F)	(a)	Non attivato 2003-04	
Elettronica quantistica	(B)	II (s)	F. Marin	Fisica
Fisica atomica	(B)	II (a/s)	G. Tino	Fisica
Fisica criogenica	(B)	II (a/s)	G. Ventura	Fisica
Fisica degli acceleratori	(A)	(s)	Non attivato 2003-04	
Fisica dei dispositivi elettronici	(D,F)	II (a)	M. Gurioli	Fisica
Fisica dei liquidi	(B)	I (a/s)	D. Senatra	Fisica
Fisica dei neutroni	(A)	I (a/s)	A. Giannatiempo	Fisica
Fisica degli stati condensati	(B)	I (a/s)	A. Cuccoli / A. Rettori	Fisica
Fisica delle basse temperature	(B)	I (a/s)	S. De Gennaro	Fisica
Fis. delle particelle elementari	(A)	I (a)	E. Celeghini	Fisica
Fisica dello stato solido	(B)	II (a)	M. Mancini	Fisica

Fisica del mezzo interstellare	(C)	II (a/s)	M. Perinotto	Astronomia
Fisica nucleare	(A)	II (a/s)	P.G. Bizzeti	Fisica
Fisica sanitaria	(D)	II (s)	M. Bucciolini	Fisiopatologia
Fisica solare	(C)	II (s)	E.Landi Degl'Innocenti	Astronomia
Fisica spaziale	(C)	I (a)	G. Noci	Astronomia
Fisica subnucleare	(A)	II (a/s)	E. Iacopini	Fisica
Fisica teorica	(E)	I (a)	R. Casalbuoni / G. Pettini	Fisica
Fondamenti della Fisica	(E)	II (s)	E. Castellani	Filosofia
Meccanica statistica	(E)	II (a)	R. Livi	Fisica
Metodi sperim. di fis. subnucl.	(A)	I (s)	P. Spillantini	Fisica
Met. fis. per i beni culturali (#)	(D)	II (s)	P.A. Mandò	Fisica
Onde elettromagnetiche	(D)	I (a/s)	G. Zaccanti	Fisica
Ottica	(B)	I (s)	A.Consortini	Fisica
Ottica quantistica	(B)	II (a/s)	F.T. Arecchi	Fisica
Particelle di altissima energia	(A)	I (s)	P. Spillantini	Fisica
Radioastronomia	(C)	II (a/s)	F. Drago	Astronomia
Radioattività	(A)	I (a/s)	A. Stefanini/P.G. Bizzeti	Fisica
Relatività	(C,E)	I (a/s)	D. Seminara	Fisica
Spettroscopia Astronomica	(C)	I (a)	E.Landi Degl'Innocenti	Astronomia
Teoria dei campi	(E)	II (a)	M. Ciafaloni	Fisica
Teoria dei sist. a molti corpi	(E)	II (a)	F. Matera	Fisica

(#) *Mutua Tecnologie fisiche per i beni culturali* (N.O.)

(*) Parte dei corsi di Laboratorio di fisica nucleare e subnucleare e di Astrofisica (Laboratorio) potrà essere fruita come corso di laboratorio semestrale dagli studenti dell'indirizzo teorico generale.

La ripartizione per indirizzo (lettere A-F) dei corsi fondamentali serve solo come prima indicazione.

L'indicazione (a) individua i corsi con carattere annuale; l'indicazione (s) individua i corsi corrispondenti a mezza annualità; l'indicazione (a/s) individua invece i corsi con carattere annuale in cui il singolo docente determinerà la parte del corso che potrà essere considerata equivalente a un modulo semestrale. Le indicazioni I, II indicano il semestre di svolgimento del corso, A indica che il corso ha durata annuale.

9.1 Tutorato

Per ogni studente del primo anno viene nominato un tutore al quale lo studente può rivolgersi per organizzare le attività formative e per consigli nelle scelte riguardanti la carriera scolastica.

Il Consiglio di Corso di Laurea collabora con la Facoltà e l'Ateneo per quanto riguarda le attività di orientamento rivolte agli studenti che intendono iscriversi all'Università. Il

Corso di Laurea può attivare anche una attività di supporto ai corsi di insegnamento, in accordo col docente del corso associato, predisponendo una serie di *incontri di supporto didattico* organizzati da uno o più docenti che hanno dichiarato la loro disponibilità e che agiranno in stretto contatto con il docente del corso senza alcun coinvolgimento nelle prove di esame.

10 PROGRAMMI DEI CORSI (Nuovo ordinamento)

ANALISI MATEMATICA I

Prof. Gabriele Villari

I anno, I trimestre

Numeri reali. Successioni e funzioni reali. Limiti di successioni e di funzioni. Funzioni elementari. Infiniti ed infinitesimi. Funzioni continue. Funzioni derivabili e proprietà. Minimi e massimi relativi. Studio del grafico di una funzione. Formula di Taylor. Funzioni di reali di due variabili reali: limite, continuità, derivata lungo una direzione e derivate parziali, funzioni differenziabili e derivate successive. Massimi e minimi relativi per funzioni di due variabili. Integrale di Riemann. Integrazione delle funzioni continue. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Primitive. Integrale indefinito. Integrale di Riemann di funzioni continue su domini normali in \mathbb{R}^2 . Cambiamento di variabili negli integrali multipli. Cenni sull'integrale di Riemann in \mathbb{R}^3 .

Tipologia:	a
Curriculum:	Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti:	9
Accreditamento:	standard
Settore:	MAT/05

ANALISI MATEMATICA IIA

Prof. Gabriele Villari

I anno, II trimestre

Curve in \mathbb{R}^2 e \mathbb{R}^3 . Lunghezza di una curva. Integrale curvilineo di funzioni continue. Superfici regolari in \mathbb{R}^3 . Analisi vettoriale. Campi vettoriali conservativi. Cenni sulla formula di Stokes e sul teorema della divergenza. Funzioni implicite in due variabili e massimi e minimi vincolati.

Tipologia:	c
Curriculum:	Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti:	3
Accreditamento:	standard o modulare con An. Mat. IIB
Settore:	MAT/05

ANALISI MATEMATICA IIB

Prof. Elvira MAscolo

II anno, I trimestre

Serie numeriche. Successioni e serie di funzioni. Serie di Potenze e serie di Fourier. Equazioni differenziali ordinarie. Problema di Cauchy. Esistenza ed unicità locale. Prolungamento delle soluzioni. Questioni da unicità. Equazioni lineari e lineari a coefficienti costanti. Analisi qualitativa delle soluzioni. Funzioni implicite in due e tre variabili. Massimi e minimi vincolati. Cenni sulla misura e integrale di Lebesgue.

Tipologia:	c
Curriculum:	Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti:	6
Accreditamento:	standard
Settore:	MAT/05

APPLICAZIONI DI MECCANICA ANALITICA

Prof. Antonio Fasano

III anno, II trimestre

Applicazioni all'Astronomia: variabili angolo-azione, problema di Keplero, teoria delle perturbazioni.

Applicazioni alla meccanica dei continui: vibrazioni lineari nei fluidi e nei solidi, equilibrio nei cavi sospesi come problema variazionale.

Applicazioni a teorie di campo: lagrangiana di un campo elettromagnetico.

Tipologia:	c
Curriculum:	Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti:	3
Accreditamento:	standard
Settore:	MAT/07

APPLICAZIONI DI MECCANICA QUANTISTICA

Prof. Marco Ademollo

III anno, II trimestre

Fondamenti. Spazi di Hilbert nella notazione di Dirac. Richiamo dei postulati. Trasformazioni unitarie e simmetrie. Rappresentazione di Heisenberg.

Metodi di approssimazione. Approssimazione WKB. Metodo variazionale. Teoria delle perturbazioni stazionarie e dipendenti dal tempo. Caso delle perturbazioni periodiche. Regola d'oro di Fermi.

Interazioni in un campo elettromagnetico. Equazione di Schroedinger in un campo e.m. Moto di un elettrone in un campo magnetico costante: interazione di dipolo magnetico; livelli di Landau. Interazione di un atomo con la radiazione e.m. Assorbimento ed emissione della luce nell'approssimazione di dipolo elettrico.

Elementi di teoria dello scattering. Sezione d'urto e ampiezza di scattering nel caso stazionario. Teorema ottico. Approssimazione di Born. Metodo degli sfasamenti per lo scattering elastico.

Cenni di fisica molecolare. Esempio di legame molecolare: la molecola d'idrogeno. Spettri di rotazione e di vibrazione delle molecole biatomiche.

Tipologia: b
Curriculum: Scienze Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: FIS/02

CAMPI ELETTROMAGNETICI STAZIONARI + ONDE ELETTROMAGNETICHE

Prof. Nello Taccetti e Prof. Guglielmo Tino (CES)

Prof. Fabrizio Barocchi (OE)

Il anno, I trimestre (CES)

Il anno, II trimestre (OE)

(CES): Elettrostatica di sistemi di cariche nel vuoto. Elettrostatica dei conduttori. Correnti continue. Elettrostatica dei dielettrici.

(OE): Fenomeni magnetici stazionari. Magnetismo della materia. Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo. Onde elettromagnetiche.

Tipologia: b
Curriculum: Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti: 6 + 6
Accreditamento: standard o modulare
Settore: FIS/01

CHIMICA

Prof. Alberto Vacca

I anno, III trimestre

Fondamenti della teoria atomica. Reazioni chimiche. Stechiometria. Cenni di struttura elettronica degli atomi e del legame chimico. Gas, liquidi, soluzioni. Equilibrio chimico. Cinetica chimica. Elettrochimica.

Tipologia: c
Curriculum: Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: CHIM/03

CINEMATICA E MECCANICA

Prof. Marcello Colocci

I anno, II trimestre

Sistemi di riferimento, trasformazioni. Cinematica del punto materiale e dei mezzi continui: corpi rigidi. Statica e dinamica del punto materiale e dei corpi estesi. Campi di forze conservativi. Gravitazione universale.

Tipologia: b
Curriculum: Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti: 9
Accreditamento: standard o modulare
Settore: FIS/01

COMPLEMENTI DI ANALISI

Prof. Elvira Mascolo

III anno, II trimestre

Spazi L_p . Topologie deboli. Spazi di Sobolev in una dimensione. Formulazione variazionale dei problemi ai limiti. Cenni di Calcolo delle Variazioni. Spazi di Sobolev a n dimensioni. Problemi di evoluzione: Equazione del calore e delle onde.

Tipologia:	c
Curriculum:	Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti:	3
Accreditamento:	standard
Settore:	MAT/05

COMPLEMENTI DI ANALISI

Prof. Alberto Vacca

III anno, I trimestre

Legame chimico. Teoria dell'orbitale molecolare. Chimica di coordinazione. Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare. Equilibri in soluzione acquosa.

Tipologia:	c
Curriculum:	Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti:	3
Accreditamento:	standard
Settore:	CHIM/03

COMPLEMENTI DI GEOMETRIA

Prof. Giorgio Patrizio

III anno, III trimestre

Richiami di algebra lineare e multilineare. Elementi di geometria differenziale delle curve e delle superfici.

Tipologia:	c
Curriculum:	Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti:	3
Accreditamento:	standard
Settore:	MAT/03

DISPOSITIVI A SEMICONDUCTORE

Prof. Massimo Gurioli

III anno, III trimestre (mutua *Fisica dei dispositivi elettronici*, V.O.)

Stati elettronici in un solido cristallino. Struttura a bande. Concetto di lacuna. Impurezze sostituzionali e drogaggio. Sistemi in equilibrio e statistiche. Sistemi fuori equilibrio, trasporto ed iniezione. Giunzione p-n, metallo-semiconduttore e applicazioni. Transistor, MOSFET. Eterogiunzioni e ingegnerizzazione del band gap. Strutture a bassa dimensionalità. Dispositivi a effetto tunnel, dispositivi balistici, Laser a cascata quantica.

Tipologia: b
Curriculum: Tecnologie Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: FIS/01

ESPERIMENTAZIONI IA + ESPERIMENTAZIONI IB

Prof. Andrea Stefanini

Prof. Roberto Falciani

I anno, II trimestre (Esperimentazioni IA)

I anno, III trimestre (Esperimentazioni IB)

Grandezze fisiche: definizione operativa, equazioni dimensionali, sistemi di unità di misura. Misure in fisica errori sistematici e casuali. Analisi statistica dei dati sperimentali. Distribuzione di Gauss. Metodo dei Minimi quadrati. Alcune esperienze di meccanica. Ottica geometrica. Riflessione e rifrazione. Prismi e lenti sottili. Sistemi ottici composti. Esperienze di ottica, calorimetria e di meccanica dei fluidi.

Tipologia: b
Curriculum: Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti: 6 + 6
Accreditamento: standard o modulare
Settore: FIS/01

ESPERIMENTAZIONI IIA + IIB + IIC

Prof. Ettore Focardi (Esp. IIA)

Prof. Andrea Perego (Esp. IIB)

Prof. Raffaello D'Alessandro (Esp. IIC)

II anno, I trimestre (Esp. IIA)

II anno, II trimestre (Esp. IIB)

II anno, III trimestre (Esp. IIC)

(Esp.IIA): Leggi dei circuiti in CC e CA. Dispositivi lineari. Funzionamento strumenti a bobina mobile. Potenza. Misure elettriche e uso degli strumenti relativi. In labor: misure con multimetri, oscilloscopio, divisore di tensione e ponti in CA.

(Esp.IIB): Funzionamento dell'oscilloscopio. Circuiti risonanti. Effetto Hall. Filtri. Composizione spettrale dei segnali. In labor: misure su circuiti risonanti, misure con la sonda di Hall, misure su filtri e analisi spettrale.

(Esp.IIC): Amplificatore operativo. Integratore di Miller. Linee di trasmissione. Reticolo di diffrazione. In labor.: misure su amplificatori oper. e linee di trasmissione, misure con integratore di Miller e reticolo di diffrazione.

Tipologia: b
Curriculum: Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti: 6 + 6 + 6
Accreditamento: standard o modulari
Settore: FIS/01

ESPERIMENTAZIONI IIIA + IIIB

Prof. Giacomo Poggi (Esp. IIIA)

Prof. Marco Romoli (Esp. IIIB)

III anno, III trimestre

(Esp.IIIA): Richiami dei concetti base del Calcolo delle Probabilità. La densità di probabilità e le funzioni di distribuzione. Trasformazioni di densità di probabilità. Funzione caratteristica. I limiti della distribuzione binomiale e della distribuzione di Poisson. Distribuzione gaussiana multivariata. Ellisse di covarianza. Teorema del limite centrale. Concetti di Statistica. Random sampling. Distribuzione di χ^2 e sue proprietà. Varianza empirica. Conteggi e errore statistico. Estimatori dei parametri (Fit di dati): Criterio di Massima Verosimiglianza ed estimatori dei parametri. Il Metodo dei Minimi Quadrati e il raccordo con il Criterio di Massima Verosimiglianza. Proprietà degli estimatori.

Stesura di un programma di Fit.

Esperimenti in laboratorio: Misura della vita media del muone, misure con un Interferometro di Michelson.

(Esp.IIIB): Introduzione all'astronomia "sperimentale": sistemi di coordinate celesti. Strumenti per formare le immagini. Il CCD come rivelatore di radiazione. Cenni di astronomia stellare. Problema dei due corpi. Sistemi binari.

Teoria del rumore: Le reti lineari e la densità spettrale di rumore. Le sorgenti "fisiche" di rumore: rumore Johnson, rumore shot, cenni al rumore in eccesso. Concetti base sul rumore nei dispositivi elettronici. Valutazione dettagliata del rumore in alcuni esempi di catene elettroniche di misura.

Esperienze di laboratorio: Misura dei parametri orbitali di una stella doppia, Costruzione del diagramma HR di un ammasso stellare.

Tipologia:	b
Curriculum:	Scienze Fisiche
Crediti:	3 + 3
Accreditamento:	standard (raccomandato) o modulari
Settore:	FIS/01 (Esp. IIIA), FIS/05 (Esp. IIIB)

FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE

Prof. Bruno Mosconi

III anno, III trimestre

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. Scoperta delle particelle e dei loro costituenti. Simmetrie e leggi di conservazione. Struttura a quark degli adroni. Interazioni fondamentali tra quark e leptoni.

Tipologia:	b
Curriculum:	Scienze Fisiche
Crediti:	6
Accreditamento:	standard
Settore:	FIS/04

FISICA STATISTICA

Prof. Roberto Livi

Prof. Daniele Dominici

III anno, I trimestre

Elementi di teoria cinetica e modello del gas perfetto classico; Teorema H di Boltzmann, entropia e grandezze termodinamiche; Insiemi statistici classici: microcanonico, canonico e grancanonico; Statistiche quantistiche; Gas ideali quantistici di Bose-Einstein e Fermi-Dirac.

Tipologia: b
Curriculum: Scienze Fisiche
Crediti: 3
Accreditamento: standard o modulare
Settore: FIS/01

FLUIDI/TERMODINAMICA

Prof. Mario Calvetti

I anno, III trimestre

Fondamenti della dinamica dei fluidi e applicazioni. Teoria cinetica dei gas. Temperatura. Primo e secondo principio della termodinamica.

Tipologia: b
Curriculum: Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: FIS/01

GEOMETRIA

Prof. Giorgio Patrizio

I anno, I trimestre

Campi e numeri complessi. Sistemi di equazioni lineari. Spazi vettoriali e applicazioni lineari. Matrici. Autovalori e autovettori. Elementi di geometria analitica del piano e dello spazio.

Tipologia: a
Curriculum: Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti: 9
Accreditamento: standard
Settore: MAT/03

INFORMATICA DI BASE + INFORMATICA-COMPLEMENTI

Prof. Pierluigi Crescenzi

I anno, III trimestre (Informatica di base)

II anno, I trimestre (Informatica-complementi)

(Info-base):} Introduzione all'uso del calcolatore, soluzione di problemi e algoritmi. Introduzione a linguaggi di programmazione, architettura degli elaboratori, sistemi operativi e reti.

(Info-compl):} Sintassi e struttura dei linguaggi di programmazione. Iterazione, ricorsione, procedure e strutture dati. Principi e funzioni di un sistema operativo come gestore di risorse. Esempio di Unix e di linguaggio C.

Tipologia: a (Info-base), f (Info-compl.)
Curriculum: Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti: 3 + 3
Accreditamento: standard o modulare
Settore: INF/01

ISTITUZIONI DI ASTROFISICA

Prof. Claudio Chiuderi

III anno, II trimestre

Astrofisica come applicazione su grande scala di leggi dedotte in laboratorio. Acquisizione e interpretazione dei segnali elettromagnetici, particellari e gravitazionali che provengono dal cosmo. La gravità e i suoi effetti: formazione delle stelle e collasso. La struttura del Sole e delle stelle.

Tipologia: b
Curriculum: Scienze Fisiche
Crediti: 3
Accreditamento: standard o modulare
Settore: FIS/05

ISTITUZIONI DI ASTROFISICA TEORICA

Prof. Franco Pacini

III anno, II trimestre

I campi magnetici in astrofisica. Stelle compatte: nane bianche, stelle di neutroni, buchi neri. Pulsars e residui di supernove. Accelerazione di particelle. Nuclei galattici attivi. Introduzione alla cosmologia: il modello cosmologico standard. Storia termica dell'Universo. Scenari per la dinamica futura dell'Universo. Materia oscura.

Tipologia: b
Curriculum: Scienze Fisiche
Crediti: 3
Accreditamento: standard o modulare
Settore: FIS/02

ISTITUZIONI DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE

Prof. Giacomo Poggi

III anno, II trimestre

La scoperta del nucleo atomico e lo scattering di Coulomb. Proprietà statiche dei nuclei. Cenni ai modelli nucleari. Interazione delle particelle cariche veloci con la materia. Principi della rivelazione delle particelle subatomiche. Interazioni fra nucleoni. Il deutone. Scattering nucleone-nucleone. Cenni alle reazioni nucleari e agli acceleratori di particelle.

Il decadimento radioattivo. Decadimento alfa, beta e gamma. La fissione nucleare. La fusione nucleare. Leptoni e quarks. Modello a quark: mesoni e barioni. Simmetrie, leggi di conservazione.

Tipologia: b
Curriculum: Tecnologie Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: FIS/04

ISTITUZIONI DI STRUTTURA DELLA MATERIA

Prof. Riccardo Pratesi

III anno, II trimestre

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.

Tipologia: b
Curriculum: Tecnologie Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: FIS/03

LABORATORIO DI ELETTRONICA

Prof. Marcello Carlà

III anno, I trimestre

Semiconduttori. Giunzione pn. Equazione della giunzione. Transistori bjt, jfet e mosfet. Regioni di funzionamento. Curve di trasferimento. Modelli incrementali. Principali configurazioni circuitali. Elementi di elettronica digitale.

Tipologia: b
Curriculum: Tecnologie Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: FIS/01

LASER E APPLICAZIONI

Prof. Riccardo Pratesi

III anno, III trimestre

Elementi di fisica del laser. Vari tipi di laser. Generazione e controllo di impulsi brevi. Generazione e controllo della frequenza di emissione. Fibre ottiche. Applicazioni: scientifiche, industriali, telecomunicazioni, biomediche.

Tipologia: b
Curriculum: Tecnologie Fisiche

Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: FIS/01

MECCANICA ANALITICA

Prof. Antonio Fasano

II anno, III trimestre

Geometria e cinematica dei sistemi olonomi. Dinamica: forma lagrangiana e hamiltoniana delle equazioni di moto. Principi variazionali. Trasformazioni canoniche. Equazioni di Hamilton-Jacobi.

Tipologia: c
Curriculum: Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: MAT/07

MECCANICA QUANTISTICA

Prof. Giorgio Longhi

III anno, I trimestre

Richiami dal programma del corso di "Relatività/Ottica/Quanti". Funzione d'onda e principio di sovrapposizione. Osservabili come operatori; autovalori e misure. Regole di quantizzazione. Applicazioni elementari: equazione di Schrodinger stazionaria, casi unidimensionali, oscillatore armonico. Atomo d'idrogeno: trattazione analitica. Momento angolare e spin, regole di commutazione e operatori d'innalzamento e di abbassamento. Funzioni d'onda spinoriali. Somma di due momenti angolari. Cenni ai metodi di approssimazione. Struttura fine dell'atomo d'idrogeno, effetto Zeeman. Cenni al problema delle particelle identiche. Principio di Pauli. Bosoni e fermioni.

Tipologia: b
Curriculum: Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: FIS/02

MECCANICA STATISTICA

Prof. Roberto Livi

III anno, I trimestre

Cenni al problema dei cammini aleatori e della diffusione; Equazione del trasporto ed equazioni idrodinamiche; Modello di Ising del ferromagnetismo; Modelli quantistici del diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo; Transizioni di fase e fenomeni critici.

Tipologia: b
Curriculum: Scienze Fisiche
Crediti: 3
Accreditamento: standard o modulare
Settore: FIS/02

METODI MATEMATICI

Prof. Giovanni Martucci

Il anno, II trimestre

Funzioni di variabile complessa. Teorema di Cauchy. Sviluppi in serie di Taylor e di Laurent. Teorema dei residui. Trasformate di Fourier e Laplace. Teoria delle distribuzioni. Trasformata di Fourier per distribuzioni temperate. Soluzione fondamentale per un operatore differenziale lineare. Spazi di Hilbert. Teoria degli operatori sugli spazi di Hilbert.

Tipologia:	b
Curriculum:	Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti:	6
Accreditamento:	standard
Settore:	FIS/02

RELATIVITÀ / OTTICA / QUANTI

Prof. Fabrizio Barocchi

Prof. Giorgio Longhi

Il anno, III trimestre

(Relatività): Principio di relatività di Einstein. La relatività della simultaneità. Trasformazioni di Lorentz. Contrazione delle lunghezze. Dilatazione dei tempi. Effetto Doppler relativistico e aberrazione della luce. Quadrivelocità e quadriforza. Definizione di quadri-impulso. Dinamica relativistica. Equivalenza massa-energia. Forma covariante delle equazioni di Maxwell.

(Ottica): Propagazione delle onde. Interferenza. Diffrazione. Ottica geometrica.

(Quanti): Le costanti fondamentali della fisica atomica. La teoria di Planck della radiazione termica. L'effetto fotoelettrico. L'effetto Compton e la radiazione di frenamento; il fotone come particella. Il modello atomico di Bohr e i livelli d'energia; emissione e assorbimento della luce. Velocità di fase e di gruppo. Le onde di De Broglie e il dualismo onda corpuscolo. L'esperimento di Stern-Gerlach e la "quantizzazione spaziale". Il principio d'indeterminazione di Heisenberg.

Tipologia:	b
Curriculum:	Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti:	6
Accreditamento:	standard
Settore:	FIS/01

STRUTTURA DELLA MATERIA

Prof. Massimo Inguscio

III anno, III trimestre

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.

Tipologia:	b
------------	---

Curriculum: Scienze Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: FIS/03

TECNICHE COMPUTAZIONALI I

Prof. Maurizio Bini

II anno, II trimestre

Linguaggio di programmazione C: richiamo delle nozioni di base con lo svolgimento di esercizi. Strutture e puntatori. Sistema operativo Unix: gestione dei processi, gestione della memoria, gestione dell'input/output, comunicazione tra i processi sia all'interno del sistema che fra sistemi collegati via rete: socket. Scrittura di semplici programmi per lo scambio di dati fra sistemi, sia utilizzando la rete che un collegamento diretto tramite interfaccia seriale.

Tipologia: f
Curriculum: Scienze Fisiche e Tecnologie Fisiche
Crediti: 3
Accreditamento: idoneità
Settore:

TECNICHE COMPUTAZIONALI II

Prof. Riccardo Giachetti

III anno, I trimestre

Studio e risoluzione di problemi fisici con l'aiuto di mezzi informatici.

Prima parte: Introduzione al software "Maple"

- Uso interattivo del linguaggio simbolico.
- Gli elementi della programmazione simbolica, numerica, grafica.

Seconda parte: Studio e discussione di problemi concreti.

- I problemi specifici su cui impegnarsi possono essere stabiliti anche in accordo con gli interessi degli studenti.

Tipologia: f
Curriculum: Scienze Fisiche
Crediti: 3
Accreditamento: idoneità
Settore:

TECNICHE COMPUTAZIONALI III

Prof. Maurizio Bini

III anno, III trimestre

Sviluppo del software necessario alla gestione tramite PC di un semplice dispositivo che utilizzi per l'ingresso/uscita la porta seriale o quella parallela. Descrizione ed utilizzo di un bus di tipo industriale (VME o GPIB) con applicazione all'acquisizione dati: per esempio uso di LabView. Analisi dei dati acquisiti con algoritmi quali "Fast Fourier Transform" o filtri digitali.

Tipologia: f

Curriculum: Tecnologie Fisiche
Crediti: 3
Accreditamento: idoneità
Settore:

TECNICHE DI RIVELATORI PER RADIAZIONE INONIZZANTE

Prof. Nello Taccetti

III anno, III trimestre

Classificazione dei rivelatori di radiazioni ionizzanti. Principi fisici della scintillazione. Fotomoltiplicatori e partitori. Principi fisici del funzionamento dei rivelatori a gas. Modi di funzionamento. Interpretazione elettromagnetica della formazione dei segnali di corrente (Teorema di Ramo). Dosimetria gamma e X con i rivelatori a gas. Camere a molti fili. Rivelatori a semiconduttore per rivelazione di particelle cariche, di gamma e di X. Assieme a ciascun tipo di rivelatore è presentata e discussa la relativa elettronica di front-end e di acquisizione. Sono altresì discusse le caratteristiche della reazione negativa nel dominio del tempo.

Tipologia: b
Curriculum: Tecnologie Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: FIS/01

TECNOLOGIE FISICHE PER I BENI CULTURALI

Prof. Pier Andrea Mandò

III anno, I trimestre

Tecniche di datazione diretta: ^{14}C : Principio, metodi di misura, problemi e limiti; Termoluminescenza: principio, metodo di misura, problemi e limiti. Tecniche "nucleari" per l'analisi di composizione dei materiali, nell'ambito dei Beni Culturali: Particle-Induced X ray Emission (PIXE); Particle-Induced Gamma ray Emission (PIGE); Back Scattering di particelle (RBS); Fluorescenza X (XRF).

Tipologia: b
Curriculum: Tecnologie Fisiche
Crediti: 6
Accreditamento: standard
Settore: FIS/07

TECNOLOGIE SPAZIALI

Prof. Piero Spillantini

Prof. Emanuele Pace

III anno, II trimestre

La fisica dallo spazio: aspetti scientifici che richiedono missioni spaziali. Sintesi storica delle missioni spaziali. Sonde sub-orbitali. Sonde orbitali e planetarie. Palloni stratosferici. Sistemi ottici ad imaging e spettroscopici. Rivelatori di fotoni per lo spazio. Rivelatori di particelle per lo spazio. Sistemi elettronici di lettura e di trigger. Sistemi di raffreddamento attivo e passivo. Sistemi di alimentazione. Sistemi di propulsione. Materiali e componenti

per lo spazio. Problemi specifici di qualificazione spaziale: termo-vuoto, vibrazioni, radiation hardness. Acquisizione ed immagazzinamento dati: telemetria, memorie, archivi. Esempi di missioni spaziali.

Tipologia:	b
Curriculum:	Tecnologie Fisiche
Crediti:	6
Accreditamento:	standard
Settore:	FIS/01

11 PROGRAMMI DEI CORSI (VECCHIO ORDINAMENTO)

I programmi completi dei corsi possono essere ottenuti rivolgendosi direttamente ai docenti dei rispettivi corsi. L'indicazione «Corso compattato» si riferisce ai corsi corrispondenti a una annualità svolti all'interno di un solo semestre. L'indicazione «Corso semestrale» denota i corsi corrispondenti a mezza annualità.

Laddove non specificato, il ricevimento degli studenti avviene presso il Dipartimento di Fisica.

ASTROFISICA

Prof. Claudio Chiuderi

IV anno, I semestre

Il corso è imperniato sullo studio dei processi fisici rilevanti nel contesto astrofisico. Una larga parte del corso è dedicata allo studio della dinamica dei gas e dei plasmi, come base per una trattazione unificata della fenomenologia astrofisica. Tra gli argomenti trattati: descrizione cinetica di gas neutri e ionizzati, equazioni di Boltzmann e Vlasov, derivazione delle equazioni fluide, equilibrio e stabilità di sistemi autogravitanti, struttura stellare, stelle degeneri, oscillazioni di una stella, eliosismologia, magnetoidrodinamica, onde d'urto, accrescimento e perdita di massa da parte di una stella isolata o in un sistema binario, modelli cosmologici.

Corso: Compattato dell'indirizzo astrofisico

Esame: Prova orale

ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE

Prof. Franco Pacini

IV anno, II semestre

Richiami di elettrodinamica classica. Ultime fasi dell'evoluzione stellare. Fenomeni galattici e extra-galattici di alta energia (fenomeni intorno a stelle collassate e nei nuclei galattici attivi). Particelle relativistiche nell'universo (raggi cosmici, meccanismi). Processi fisici relativi (plasmi, irraggiamento, meccanismi di accelerazione etc). Il corso è dedicato a studenti dell'indirizzo astrofisico o a studenti di altri indirizzi interessati agli sviluppi dell'astrofisica delle alte energie in relazione ad altri campi della fisica.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo astrofisico, teorico

Esame: Prova orale

ASTROFISICA (LABORATORIO)

Prof. Alberto Righini

IV anno, annuale

Il corso prevede osservazioni al telescopio C-14 del Dipartimento di Astronomia, e, nel secondo semestre, un turno di osservazione di due notti al telescopio di Loiano (Bo) e un giorno di osservazione al radiotelescopio di Medicina (Bo). Sono previste anche esercitazioni di laboratorio e delle sessioni di riduzioni di materiali di archivio. L'esame consiste nella discussione delle relazioni presentate durante l'anno e in un'interrogazione sugli argomenti trattati durante il corso. Saranno disponibili le dispense e la bibliografia di riferimento.

Corso: Annuale fondamentale di laboratorio dell'indirizzo astrofisico

Esame: Prova pratica e orale

Note: Gli studenti dell'indirizzo teorico potranno seguire parte del corso in uno dei due semestri (preferibilmente il primo)

ASTRONOMIA

Prof. Massimo Landini

IV (III) anno, I semestre

Sistemi di coordinate e le trasformazioni. Misura delle distanze di oggetti celesti. Richiami di Ottica. Strumenti per formare immagini. Struttura stellare. Fotometria. Magnitudini. Indici di colore. Diagramma HR. I moti planetari. Sistemi binari. Lobo di Roche. Effetti della precessione e nutazione sulle coordinate stellari. La deduzione delle masse stellari dalle orbite delle binarie. Le perturbazioni ed il problema ridotto dei tre corpi. Teoria della struttura stellare. Produzione di energia nella stella. L'integrazione dei modelli stellari. Classificazione stellare. La Galassia. Cinematica e rotazione differenziale. Costanti di Oort.

Corso: Compattato dell'orientamento astrofisico, teorico

Esame: Prova orale

Note: Il corso è usufruibile anche al terzo anno.

ELETTRONICA (LABORATORIO)

Prof. Marcello Carlà

IV anno, annuale

Il corso è rivolto all'aspetto funzionale e di impiego dei dispositivi elettronici digitali ed analogici per acquisizione ed elaborazione di dati, principalmente in applicazioni scientifiche. Elettronica analogica: caratteristiche dei dispositivi attivi (BJT, FET, MOSFET) e modelli per piccoli segnali - modelli per alta frequenza - simulazione al calcolatore della risposta di una rete - utilizzo della reazione negativa e positiva - convertitori AD e DA. Elettronica digitale: famiglie logiche (TTL, CMOS, ECL, ecc.) - reti combinatoriali e sequenziali - mappe di Karnaugh - Moduli logici ad alta integrazione (CCD, RAM, microP, FIFO, LIFO, DSP ...) - Architettura del computer e del microprocessore - Bus ISA e PCI del Personal Computer - porte seriali e parallele - porta Ethernet - (altri bus di uso corrente: VME, GPIB, CAMAC, SCSI). Programmazione: introduzione al linguaggio

Assembler - il linguaggio C - utilizzo di un sistema operativo (es. Unix/Linux) con cenni alla struttura interna.

Laboratorio: le lezioni di laboratorio si svolgeranno in parallelo con le lezioni teoriche, in modo da avere una immediata applicazione pratica dei concetti introdotti.

Corso: Annuale fondamentale di laboratorio dell'indirizzo di elettronica e cibernetica

Esame: Prova pratica e orale

ELETTRONICA QUANTISTICA

Prof. Francesco Marin

IV anno, II semestre

Principi di funzionamento dei laser: assorbimento, emissione spontanea e stimolata; proprietà della radiazione laser. Interazione radiazione-materia: teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo; relazioni di Einstein; saturazione; allargamento di riga omogeneo ed inhomogeneo. Risuonatori ottici: cavità per microonde (approssimazione di Schawlow-Townes); cavità a specchi piani; cavità cofocale; modi del campo e frequenze di risonanza; cavità a specchi sferici. Propagazione di fasci gaussiani; metodo delle matrici in ottica geometrica; stabilità dei risuonatori. Equazioni di bilancio del laser a 3 e 4 livelli; soluzioni stazionarie.

Comportamento dinamico dei laser; oscillazioni di rilassamento; rumore di ampiezza.

Laser impulsati; Q-switching; aggancio in fase dei modi oscillanti. Esempi di laser.

Proprietà della radiazione; coerenza temporale, rumore di frequenza e larghezza di riga; coerenza spaziale; coerenza agli ordini superiori. Metodi e strumenti di misura delle proprietà della radiazione; interferometri di Young e di Michelson, Fabry-Perot, monocromatore.

Corso: Semestrale dell'indirizzo di Fisica della materia

Esame: Prova orale

FISICA ATOMICA

Prof. Guglielmo Tino

IV anno, II semestre

I) Interazioni non lineari fra atomi e radiazione.

II) Spettroscopia laser ed esperimenti di fisica fondamentale: Lamb-shift, intrappolamento di atomi, condensazione di Bose-Einstein.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo di Fisica della materia

Esame: Prova orale

FISICA CRIOGENICA

Prof. Guglielmo Ventura

IV anno, II semestre

Norme di sicurezza.

Il vuoto: richiami di teoria cinetica dei gas; richiami di ionizzazione nei gas; flusso di gas nei tubi; pompaggio del gas in un sistema a vuoto; interazioni gas-solido; passaggio dei

gas attraverso i solidi e degassamento; interazione di ioni e fotoni con le superfici; pompe a vuoto; vacuometri; spettrometri di massa e cercafughe; componenti e materiali; sistemi a vuoto; deposizioni di film sottili; fotolitografia.

Criogenia: crioliquidi; solidi a bassa temperatura; contatti termici ed isolamento termico; criostati ad He4; criostati ad He3; refrigeratori a diluizione; altri refrigeratori, la regione dei microkelvin; scale di temperatura e punti fissi; termometria; tecnologie particolari; le misure termiche, elettriche, etc. alle basse temp.; esempi di progetti di fattibilità.

La strumentazione crioelettronica: elettronica nella strumentazione di vuoto; lock-in e "ponti" per la criogenia; rivelatori termici; elettronica per i rivelatori; SQUIDS; refrigerazione "elettrica" a NIS.

Le misure in condizioni estreme: vuoto, criogenia, elettronica in condizioni "estreme"; gli osservatori ad alta quota, i palloni stratosferici, i satelliti.

Corso: Compattato o semestrale dell'indirizzo di Fisica della materia

Esame: Prova orale

FISICA DEGLI STATI CONDENSATI

Prof. Alessandro Cuccoli

Prof. Angelo Rettori

IV anno, I semestre

Teoria elementare dello scattering: liquidi, gas e solidi; simmetria e strutture cristalline; cristalli liquidi; ordine in sistemi uni- e bi-dimensionali; ordine magnetico.

Termodinamica e meccanica statistica: fluidi omogenei; 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; punti multicritici.

Cenni di teoria dell'elasticità e di teoria delle superfici.

Esponenti critici, universalità e leggi di scaling.

Funzioni di correlazione dinamiche e scattering anelastico.

Sistemi magnetici e modelli di spin: eccitazioni elementari e proprietà termodinamiche.

Introduzione ai metodi di simulazione numerica.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo di Fisica della materia

Esame: Prova orale

FISICA DEI DISPOSITIVI ELETTRONICI

Prof. Massimo Gurioli

IV anno, II semestre

Definizione e importanza dei semiconduttori. Stati elettronici di un solido cristallino.

Dinamica di un elettrone di Bloch. Metalli, isolanti, semiconduttori. Struttura delle bande.

Impurezze nei semiconduttori. Statistica di un semiconduttore intrinseco. Statistica di un

semiconduttore drogato. Trasporto in un semiconduttore. Assorbimento di luce,

ricombinazione radiativa, fotoconduttività. La giunzione p-n. Applicazioni della giunzione

p-n e dispositivi asimmetrici. Eterogiunzioni. Transistor a giunzione. Transistor a effetto di

campo. CCD. Integrazione e tecnologie planari. Ingegnerizzazione della band-gap.

Strutture a bassa dimensionalità. Tunneling attraverso barriere sottili. Dispositivi a effetto

tunnel. Dispositivi balistici. Lasers a cascata quantistica.

Corso: Compattato degli indirizzi elettronico-cibernetico e applicativo
Esame: Prova orale

FISICA DEI LIQUIDI

Prof. Donatella Senatra

IV anno, I semestre

I) Liquidi e gas interagenti: Gas, liquidi e solidi. Liquidi e gas non perfetti, classici e quantistici. Forze intermolecolari, fluidi semplici. Metodi sperimentali per lo studio dei liquidi e gas interagenti. Struttura di un fluido: sua misura tramite raggi X e neutroni. Meccanica statistica della materia. Dinamica, funzione di correlazione e legame con la funzione di scattering. Spettroscopia di raggi X e neutroni.

II) Fluidi complessi: Alcuni aspetti della dinamica dei fluidi non-newtoniani (proprietà reologiche). Strutture di associazione di anfifili. Concentrazione critica micellare. Soluzioni micellari e loro strutture. Sistemi liquidi, termodinamicamente stabili a base di anfifile, a tre o più componenti. Localizzazione degli intervalli di esistenza dei suddetti sistemi, mediante diagrammi di fase. Evoluzione delle strutture di associazione verso le fasi liquido-cristalline liotropiche (cenni). Caratterizzazione termodinamica dei fluidi complessi. Metodiche sperimentali per lo studio dei fluidi complessi; spettroscopia dielettrica, analisi termica e scattering di luce. Implicazioni pratiche e applicazioni dei fluidi complessi.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo di Fisica della materia
Esame: Prova orale

FISICA DEI NEUTRONI

Prof. Angela Giannatiempo

IV anno, I semestre

Misure di massa, carica, vita media, dipolo elettrico e magnetico del neutrone. Reazioni nucleari utilizzate nella produzione di neutroni. Acceleratori elettrostatici, ciclotroni, sincrotroni, acceleratori lineari, acceleratori a fasci incrociati. Reazioni nucleari indotte da neutroni: scattering elastico e inelastico, cattura radiativa, produzione di particelle cariche, fissione. Principali meccanismi di reazione. Rivelatori di neutroni. Rallentamento e diffusione dei neutroni. Reazioni a catena, reattori. Dosimetria dei neutroni.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo nucleare e subnucleare
Esame: Prova orale

FISICA DELLE BASSE TEMPERATURE

Prof. Silvio De Gennaro

IV anno, I semestre

I) Fondamenti di stato solido: Proprietà elettroniche dei solidi, vibrazioni reticolari e proprietà fononiche, interazione elettrone-fonone, proprietà di trasporto. Proprietà magnetiche.

II) Superconduttività, superfluidità e criogenia: Superconduttività. Superfluidità dell'elio-4. Produzione delle basse temperature e termometria.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo di Fisica della materia
Esame: Prova orale
Note: Precedenze consigliate: Istituzioni di Fisica teorica

FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI

Prof. Enrico Celeghini

IV anno, I semestre

Rivelatori e acceleratori di particelle. Fenomenologia delle particelle elementari. Principi di invarianza e leggi di conservazione. Gruppi di Lorentz e di Poincaré. SU(3) e il modello dei quarks. Interazioni elettromagnetiche, deboli e forte. Modello a partoni, QCD. Teoria elettro-debole. Modello standard.

Corso: Compattato dell'indirizzo nucleare e subnucleare
Esame: Prova orale

FISICA DELLO STATO SOLIDO

Prof. Marcello Mancini

IV anno, II semestre

Teoria delle bande. Interazione elettrone-fonone. Proprietà magnetiche. Superconduttività.

Corso: Compattato dell'indirizzo di Fisica della materia, teorico
Esame: Prova orale

FISICA DEL MEZZO INTERSTELLARE

Prof. Mario Perinotto

IV anno, II semestre

I) Fisica del Mezzo Interstellare I: Il mezzo interstellare galattico. Nubi molecolari. Regioni HII. Nebulose planetarie. Resti di Supernove. Mezzo Internubi. I processi responsabili della produzione di radiazione in tali regioni e deduzione delle loro proprietà chimico-fisiche. Polveri interstellari: estinzione, polarizzazione; natura dei grani interstellari e loro ruolo nella formazione delle molecole.
II) Fisica del Mezzo Interstellare II: Fisica delle galassie. Il mezzo interstellare nelle galassie. Popolazioni stellari nelle galassie. Struttura interna delle stelle ed evoluzione stellare. Quadro generale dell'evoluzione delle galassie.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo astrofisico, teorico
Esame: Prova orale

FISICA NUCLEARE

Prof. Pier Giorgio Bizzeti

IV anno, II semestre

Struttura nucleare e modelli nucleari. Modelli a particelle indipendenti, campo medio. Interazione dei nuclei col campo elettromagnetico. Fenomenologia delle reazioni nucleari. Diffusione classica da potenziale centrale e trattazione semi-classica delle collisioni tra nuclei pesanti. Eccitazione Coulombiana. Processi di fusione-evaporazione e fusione-fissione. Modelli statistici. Deep-inelastic scattering. Cascata di collisioni fra nucleoni nel campo medio. Equazione di stato nucleare. Multiframmentazione. Cenni sulle reazioni a energie relativistiche.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo nucleare e subnucleare

Esame: Prova orale

Note: Precedenze consigliate: Istituzioni di Fisica teorica ed Istituzioni di Fisica nucleare e subnucleare

FISICA SANITARIA

Prof. Marta Bucciolini

IV anno, II semestre

Fisica delle radiazioni ionizzanti: Il campo di radiazione e le grandezze che lo caratterizzano. Interazioni delle radiazioni direttamente ionizzati con la materia. Interazioni delle radiazioni indirettamente ionizzati con la materia. Sorgenti di radiazione per uso medico. Dosimetria delle radiazioni ionizzanti: Definizione delle grandezze dosimetriche e relazioni fra di esse. Misura della dose assorbita. Gli indicatori del rischio da radiazioni ionizzanti.

Immagini diagnostiche: Generalità sulle immagini. Immagini radiografiche tradizionali. Tomografia computerizzata a raggi X. Tomografia per emissione. Risonanza magnetica nucleare.

Corso: Semestrale dell'indirizzo applicativo

Esame: Prova orale

FISICA SOLARE

Prof. Egidio Landi Degl'Innocenti

IV anno, II semestre

MORFOLOGIA DEL SOLE QUIETO E ATTIVO

Parametri fondamentali del Sole come stella. Caratteristiche della strumentazione solare: telescopi, spettroeliogrammi, filtri birifrangenti e interferenziali, coronografi. Seeing, ottica attiva e adattiva (cenni). Spettro solare continuo e di righe. Trasporto radiativo. Atmosfera grigia. Modelli realistici di atmosfera. Cause di allargamento delle righe spettrali. Effetto Doppler. Larghezza equivalente e curve di crescita. Saturazione. Oscuramento al bordo, rotazione differenziale, granulazione e supergranulazione. Dopplergrammi. Osservazioni con spettroeliogrammi e filtri: immagini in H-alpha e nella riga K del Call. Filamenti, facole, spicole. Oscillazioni solari. Eliosimologia. Attività solare. Ciclo solare, leggi di Hale e di Sporer. Diagnostica di campi magnetici solari. Effetto Zeeman, fattori di Landé, polarizzazione della radiazione. Polarimetro prototipo, lamine di ritardo e polarizzatori,

calcolo di Jones, matrici di Muller. Magnetografo e magnetogrammi. Dicroismo e dispersione anomala. Equazioni di Unno-Rachkovsky. Campi magnetici nelle macchie. Tubi di flusso. Brillamenti solari.

Corso: Semestrale dell'indirizzo astrofisico
Esame: Prova orale

FISICA SPAZIALE

Prof. Giancarlo Noci

IV anno, I semestre

Processi fisici elementari e collettivi di interazione particelle-campi. Fisica del plasma e magneto-idrodinamica. Applicazioni astrofisiche, con particolare riguardo all'atmosfera solare e al vento solare.

Corso: Compattato dell'indirizzo astrofisico
Esame: Prova orale

FISICA SUBNUCLEARE

Prof. Enrico Iacopini

IV anno, II semestre

Cinematica relativistica: Invarianti, massa invariante, elicità, variabili di Mandelstam, soglia di reazione (commenti sugli acceleratori a bersaglio fisso e sui colliders), rapidità, pseudorapidità.

Simmetrie continue e leggi di conservazione (teorema di Noether). Applicazione al gruppo di Poincaré (4-impulso P, momento angolare J, spin S). Isospin. Simmetria SU3 di sapore: modello a quarks dei mesoni e degli adroni. Evidenze della necessità della simmetria di colore. Simmetrie discrete: parità, parità intrinseca. Coniugazione di Carica, G parità. Time reversal, Teorema CPT.

Scattering: sezione d'urto, elemento di matrice, regola d'oro di Fermi, spazio delle fasi, formula di ricorrenza. Teorema ottico.

Decadimento: elemento di matrice, Dalitz plot, Trasformazione delle distribuzioni per trasformazioni di Lorentz; distribuzione dell'energia dei gamma da π^0 monocromatici.

Diffusione elastica e quasi elastica elettrone protone. Diffusione profondamente anelastica: modello a partoni. Funzioni di struttura, variabili di Bjorken.

Teoria di Fermi delle interazioni deboli. Decadimento beta. Ipotesi del neutrino.

Esperimento di Reines Cowan. Massa del neutrino: decadimento del trizio (Kurie plot).

Esperimento di Wu sulla violazione della Parità. Neutrino muonico e tauonico: limiti sulle loro masse e possibilità di oscillazioni di neutrino. Interazione dei neutrini con la materia (nucleoni, elettroni): calcolo della sezione d'urto quasi elastica e deep-inelastica (funzioni di struttura). Esperimento di Cronin e Fitch sulla violazione di CP nel sistema dei K neutri: oscillazioni di stranezza. Descrizione nel modello standard della violazione di CP.

Corso: Compattato annuale e semestrale dell'indirizzo nucleare e subnucleare
Esame: Prova orale

Note: Precedenze consigliate: Istituzioni di Fisica nucleare e subnucleare

FISICA TEORICA

Prof. Roberto Casalbuoni

Prof. Giulio Pettini

IV anno, I semestre

I- Quantizzazione dei campi. Spazio di Fock. Simmetrie. Campo scalare neutro e carico. Campi fermionici. Campo elettromagnetico. Elettrodinamica come teoria di gauge. Matrice S. Teorema di Wick, diagrammi di Feynman.

II- Elettrodinamica quantistica. Scattering Coulombiano. Processi di scattering. Correzioni radiative a one-loop. Primi cenni sulla rinormalizzazione. Teoria elettrodebole: bosoni intermedi. Modello $U(1)$ e meccanismo di Higgs. Teoria $SU(2) \times U(1)$.

Corso: Compattato dell'indirizzo teorico generale

Esame: Prova orale

Note: Precedenze consigliate: Istituzioni di Fisica teorica

FONDAMENTI DELLA FISICA

Prof. Elena Castellani

IV anno, II semestre

Simmetrie, leggi della natura e oggetti fisici.

Corso: Semestrale dell'indirizzo teorico generale

Esame: Prova orale

ISTITUZIONI DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE (indirizzi B, D, F)

Prof. Paolo Maurenzig

III anno, I semestre

Fisica nucleare - Proprietà dei nuclei atomici. Forze tra nucleoni. Modelli nucleari. Decadimenti radioattivi. Reazioni nucleari. Cenni su fissione e fusione. Cenni sulle applicazioni della Fisica nucleare. Fisica subnucleare - Leptoni, quarks e adroni. Simmetrie e leggi di conservazione. Numeri quantici e stati eccitati degli adroni. Il colore e la cromodinamica quantistica. Interazioni deboli e bosoni W e Z^0 . Cenni su coniugazione di carica e parità nelle interazioni deboli. Cenni di Astrofisica nucleare. Nucleosintesi. Cenni di cinematica relativistica. Cenni su teoria dello scattering. Cenni sui rivelatori.

Corso: Compattato fondamentale, con esercitazioni

Esame: Prova scritta e orale

Note: Precedenze consigliate : Meccanica razionale con elementi di meccanica statistica, Metodi Matematici della Fisica, Istituzioni di Fisica Teorica

LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA

Prof. Massimo Inguscio

IV anno, annuale

Il corso è svolto su argomenti di elettronica quantistica e spettroscopia ottica, con particolare riferimento alla parte di Fisica sperimentale. Gli studenti eseguono inoltre

esperimenti legati ai temi di ricerca moderni di elettronica quantistica, ottica, spettroscopia ottica, lineare e non lineare.

Corso: Annuale fondamentale di laboratorio dell'indirizzo di Fisica della materia
Esame: Prova pratica e orale
Note: Precedenze consigliate: Struttura della materia

LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE

Prof. Pietro Sona

IV anno, annuale

Richiami sull'elaborazione di dati sperimentali mediante metodi statistici. La statistica di Poisson per il caso del decadimento radioattivo. Cenni sul metodo di Montecarlo. Generalità sui rivelatori di radiazione nucleare: efficienza, risoluzione energetica, tempo morto. La distribuzione di intervallo. Perdita di energia media di particelle cariche pesanti nella materia. Formula di Bethe-Bloch e sue correzioni e limitazioni alle basse ed alte energie. Fluttuazioni intorno alla perdita di energia media. Range. Caso degli elettroni e positroni. Perdita di energia per radiazione di bremsstrahlung. Lunghezza di radiazione. Interazione di raggi gamma con la materia. Scattering Rayleigh. Effetto Compton, effetto fotoelettrico, creazione di coppie. Coefficienti di assorbimento lineare e di massa. Cenni sulle principali grandezze dosimetriche. Rivelatori a gas: camere di ionizzazione, contatori proporzionali. Camere proporzionali a molti fili. Camere a drift. Time projection chamber. Rivelatori a scintillazione: efficienza, velocità di risposta, linearità. La formula di Birks. Risoluzione energetica. Fotomoltiplicatori. Efficienza quantica. Applicazioni alla spettroscopia gamma e beta. Rivelatori a semiconduttore a giunzione a gradino, a barriera di superficie, a drift di litio e iperpuri. Applicazione alla spettrometria di particelle cariche, di raggi gamma e raggi X. Rivelazione di raggi cosmici. Generalità sulle misure di coincidenza. Coincidenze vere e casuali. Il convertitore ampiezza-tempo. Coincidenze multiparametriche in list-mode.

Corso: Annuale fondamentale di laboratorio dell'indirizzo di Fisica nucleare e subnucleare
Esame: Prova pratica e orale
Note: Gli studenti dell'indirizzo teorico potranno seguire parte del corso (con relative esperienze di laboratorio) con valenza semestrale secondo modalità che verranno comunicate in seguito.

MECCANICA STATISTICA

Prof. Roberto Livi

IV anno, II semestre

Teoria cinetica dei gas, equazione di Boltzmann. Insiemi microcanonico, canonico, grand canonico. Fluttuazioni. Statistiche di Fermi-Dirac e di Bose-Einstein. Gas ideali quantistici. Insiemi quantici, matrice densità. Transizioni di fase: teorie di campo medio, equazione di van der Waals, teoria di Weiss; modello di Ising, tecniche di approssimazione.

Corso: Compattato dell'indirizzo teorico-generale
Esame: Prova orale

METODI SPERIMENTALI DI FISICA SUBNUCLEARE

Prof. Piero Spillantini

IV anno, I semestre

Interazioni delle particelle con la materia. Rivelazione delle particelle: 'prototecniche' (microscopi, elettroscopi, materiali scintillanti, ..). Amplificazione della energia rilasciata dalle particelle. Parametri e caratteristiche dei rivelatori. Elaborazione elettronica del segnale. Analisi dei dati. Discussione di alcuni esperimenti tipici sia del passato, che in corso, che in preparazione.

Corso: Semestrale dell'indirizzo nucleare e subnucleare

Esame: Prova orale

METODOLOGIE FISICHE PER I BENI CULTURALI

Prof. Pier Andrea Mandò

IV anno, II semestre (mutua *Tecnologie fisiche per i beni culturali*, N.O.)

Problemi di «etica» negli interventi sui Beni Culturali (interazione con i colleghi «umanisti», minimizzazione dell'intervento, non invasività delle tecniche, portatilità delle tecniche, etc.). Il colore: origine e misura, coordinate cromatiche, lambda dominante, purezza, luminosità (e loro misura). Fotografia nel visibile, nel vicino IR, nell'UV. Radiografia. Termografia. Digitalizzazione delle immagini. Tecniche profilometriche (analisi 3D di superfici e deformazioni). Spettrofotometria: misure di riflettanza puntuali e in 2D; identificazione materiali, loro alterazioni, disegni preparatori etc. Tecniche multispettrali di imaging nel visibile, vicino IR e UV. Tecniche di fluorescenza. Utilizzo di fibre ottiche (strumentazione portatile, sensori di microclima in ambiente museale, etc.). Diffrattometria. Metodi statistici di elaborazione dati: analisi componenti principali etc. Telerilevamento da satellite per le prospezioni archeologiche. Tecniche di ablazione laser per la pulitura di manufatti deteriorati (lapidei, metallici, pitture). Spettroscopia Raman e m-Raman. Tecniche di datazione diretta, ^{14}C : principio, metodi di misura, problemi e limiti. Termoluminescenza: principio, metodo di misura, problemi e limiti. Tecniche «nucleari» per l'analisi di composizione dei materiali, nell'ambito dei Beni Culturali. Fluorescenza X. Particle-Induced X ray Emission (PIXE). Particle- Induced Gamma ray Emission (PIGE). Back Scattering di particelle (RBS). Nuclear Reaction Analysis (NRA).

Corso: Semestrale dell'indirizzo applicativo

Esame: Prova orale

ONDE ELETTROMAGNETICHE

Prof. Giovanni Zaccanti

IV anno, I semestre

A) Propagazione attraverso mezzi torbidi: proprietà ottiche di un mezzo torbido (richiami). Espressione formale per la radiazione trasmessa per scattering multiplo. Relazioni statistiche e di scala. Equazione del trasporto radiativo. Metodo di risoluzione numerica

Monte Carlo. Mezzi molto torbidi: approssimazione della diffusione. Condizioni al contorno. Soluzioni in alcune geometrie particolari.

B) 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 con dimensioni estese. Condizioni di Regolarità e di Sommerfeld. Principio di equivalenza e teorema di unicità.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo applicativo
Esame: Prova orale

OTTICA

Prof. Anna Consortini

IV anno, I semestre

Ottica fisica e Ottica di Fourier con applicazioni all'optoelettronica. Olografia. Coerenza ed immagini in luce coerente ed incoerente con applicazioni all'ottica atmosferica ed ai sistemi ottici adattivi.

Il corso prevede: la descrizione di differenti tipi di propagazione libera e guidata, incluso onde evanescenti, fasci parassiali, guide planari e fibre ottiche; Interferenza e diffrazione con relative conseguenze ed applicazioni a sistemi classici e moderni, incluso olografia ed ottiche diffrattive; Teoria delle immagini nei casi incoerente e coerente; Elaborazione ottica delle immagini ed applicazione al filtraggio ottico.

Corso: Semestrale dell'indirizzo di Fisica della materia
Esame: Prova orale

OTTICA QUANTISTICA

Prof. Fortunato Tito Arecchi

IV anno, II semestre

Introduzione

Il processo di misura

Parte I - Meccanica quantistica e ottica quantistica: Interazione radiazione-materia, Statistica classica, Statistica quantistica, Fotorivelazione e statistica dei fotoni, Esperimenti ottici sui fondamenti della meccanica quantistica (disuguaglianze di Bell, uguaglianze di Hardy, gatti di Schroedinger)

Parte II - Caos e morfogenesi in ottica: Dinamica non lineare e caos (caratterizzazione e controllo), Morfogenesi e turbolenza. Il corso intende presentare i fondamenti quantistico-statistici dei processi fuori dall'equilibrio che governano l'azione laser e la corrispondente fenomenologia di ottica nonlineare. L'ottica quantistica permette oggi i tests più accurati per la corretta interpretazione del formalismo quantistico. Inoltre, l'acquisizione degli algoritmi e metodologie sviluppati per caratterizzare e controllare gli scenari caotici è cruciale per la comprensione dei processi alto-dimensionali in sistemi ottici estesi o con interazioni non locali (ad esempio ritardi temporali). L'emergenza di situazioni complesse in sistemi ottici permette non solo confronti con altre aree disciplinari (fluidodinamica, chimica, biologia, dinamica delle popolazioni) ma anche una modellizzazione di laboratorio ad alta risoluzione spazio-temporale.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo di struttura della Materia
Esame: Prova orale

PARTICELLE DI ALTISSIMA ENERGIA

Prof. Piero Spillantini

IV anno, I semestre

Particelle di altissima energia: definizione e evoluzione storica.

Acceleratori di altissima energia ed alta intensità per lo studio delle interazioni tra particelle.

Accelerazione 'naturale' delle particelle nei fenomeni nell'Universo. Introduzione alla fisica dei raggi cosmici e trattazione delle principali problematiche del loro studio. Descrizione dei principali esperimenti del passato e trattazione delle problematiche attuali nello studio dei raggi cosmici. Teorie sui meccanismi e siti di accelerazione dei raggi cosmici di altissima energia.

Corso: Semestrale dell'indirizzo nucleare e subnucleare
Esame: Prova orale

RADIOASTRONOMIA

Prof. Franca Drago

IV anno, II semestre

I modulo: Propagazione di Onde elettromagnetiche nei plasmi diluiti. Polarizzazione (Parametri di Stokes, generalizzati al rumore radio) Meccanismi di emissione termici e non termici. (Breemstrahlung, Sincrotrone, ecc...)

II modulo: Strumenti Radioastronomici. Osservazioni radio del Sole e dei Pianeti. Radiosorgenti Galattiche ed Extragalattiche

Corso: Compattato annuale e semestrale dell'indirizzo astrofisico
Esame: Prova orale
Note: Il primo modulo è a carattere generale e non soltanto di interesse astronomico, ed è propedeutico per il secondo modulo, il quale ha carattere prettamente astronomico.

RADIOATTIVITÀ

Prof. Andrea Stefanini

Prof. Piergiorgio Bizzeti

IV anno, I semestre

I) Leggi generali, applicazioni, radioprotezione. Decadimenti radioattivi alfa, beta e gamma. Radioattività naturale ed artificiale. Equilibrio secolare. Applicazioni cronologiche e geologiche. Sistematica del decadimento alfa. Decadimenti esotici. Effetti biologici delle radiazioni. Applicazioni in medicina. Dosimetria e radioprotezione. Rivelatori alfa, beta e gamma.

II) Spettroscopia gamma. Transizioni elettromagnetiche nucleari. Sviluppo del campo e.m. in multipoli. Probabilità di transizione e misure di vita media. Conversione interna. Decadimento beta e interazione debole: Teoria di Fermi. Neutrino e antineutrino. Non conservazione della parità. Doppio decadimento beta. Spettrometri magnetici per elettroni. Il corso comprende, sia nella prima che nella seconda parte, alcune esperienze di laboratorio e, come esercitazioni fuori sede, la visita a laboratori di ricerca.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo nucleare e subnucleare
Esame: Prova orale

RELATIVITÀ

Prof. Domenico Seminara

IV anno, I semestre

I modulo: Elettromagnetismo e relatività ristretta. Postulati di Einstein. Trasformazioni di Lorentz e richiami sui gruppi di Lorentz e di Poincaré. Calcolo tensoriale. Meccanica relativistica. Equivalenza massa-energia. Scattering relativistico. Il campo elettromagnetico. Forma covariante delle equazioni di Maxwell. Interazione classica radiazione-materia. Radiazione elettromagnetica.

Il modulo: Relatività generale. Principio di equivalenza. Equazione delle geodetiche. Forma covariante generale delle leggi della Fisica. Equazioni di campo di Einstein. L'azione del campo gravitazionale e della materia. Definizione generale del tensore energia-impulso. Principio di azione. Soluzione di Schwarzschild. Test classici della relatività generale. Onde gravitazionali. Modelli cosmologici.

Corso: Compattato annuale o semestrale dell'indirizzo teorico-generale, teorico
Esame: Prova orale

SPETTROSCOPIA ASTRONOMICA

Prof. Egidio Landi Degl'Innocenti

IV anno, I semestre

Spettro della radiazione. Polarizzazione e parametri di Stokes. Quantizzazione del campo elettromagnetico. Operatori di creazione e distruzione. Concetto di fotone. Equazione di Dirac e suo limite non relativistico. Spettri degli idrogenoidi e degli alcalini. Atomi complessi. Configurazioni e termini. Energie dei termini. Accoppiamento LS, j-j e intermedio. Struttura iperfine. Leggi di Saha-Boltzmann. Radiazione di corpo nero. Interazione materia-campo di radiazione. Equazioni cinetiche. Regola aurea di Fermi. Approssimazione di dipolo. Equazioni dell'equilibrio statistico. Equazione del trasporto radiativo. Regole di selezione e forze delle righe. Plasmi in condizioni di non-equilibrio. Teoria del trasporto radiativo. Atmosfera grigia. Righe spettrali. Modello di Milne-Eddington.

Corso: Compattato annuale dell'indirizzo astrofisico
Esame: Prova orale

STRUMENTAZIONI FISICHE (LABORATORIO)

Prof. Paolo Blasi

IV anno, annuale

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.

Corso: Annuale fondamentale di laboratorio dell'indirizzo applicativo

Esame: Prova pratica e orale

Note: Precedenze consigliate: Esperimentazioni Fisica I e II, Fisica generale I e II

STRUTTURA DELLA MATERIA (indirizzi A, C, E)

Prof. Valerio Tognetti

III anno, I semestre

Atomi idrogenoidi, struttura fine, atomo di elio, atomi a molti elettroni, metodi di campo medio autoconsistente, accoppiamento L-S ed interazione di atomi con campi elettromagnetici. Approssimazione adiabatica per le molecole, stati rotazionali e vibrazionali e struttura elettronica delle molecole. Richiami di termodinamica e meccanica statistica, statistiche quantistiche. I gas perfetti, classici e quantistici. Il gas di Fermi ed i metalli semplici. Il gas di Bose-Einstein e la condensazione. I solidi. Calori specifici, modelli classici e quantistici. I modi normali ed i fononi. Strutture cristalline, scattering di raggi X. Elettroni nei cristalli. Scattering di raggi X nei liquidi e la funzione di struttura.

Corso: Compattato fondamentale, teorico, con esercitazioni

Esame: Prova scritta e orale

Note: Precedenze consigliate: Metodi matematici della Fisica, Istituzioni di Fisica teorica

TEORIA DEI CAMPI

Prof. Marcello Ciafaloni

IV anno, II semestre

Applicazioni della Teoria relativistica dei Campi alle interazioni fondamentali. Argomenti: Equazione di Klein-Gordon. Metodo del propagatore e relazione con i campi quantizzati. Campo elettromagnetico ed equazione d'onda del fotone. Matrice S e diagrammi di Feynman. Scattering Coulombiano relativistico e scattering Compton. Equazione di Dirac, soluzioni libere, propagatore. Elettrodinamica di spin 1/2. Scattering e annichilazione. Correzioni radiative, rinormalizzazione. Lamb shift e $g-2$. Interazioni deboli, decadimento del μ . Bosoni intermedi, e teoria elettrodebole. Meccanismo di Higgs. Matrice di massa e mescolamento di quarks e leptoni.

Corso: Compattato annuale dell'indirizzo teorico generale

Esame: Prova orale

TEORIA DEI SISTEMI A MOLTI CORPI

Prof. Francesco Matera

IV anno, II semestre

Formulazione della Meccanica quantistica mediante «path integrals» (un'introduzione). Metodi funzionali nella teoria dei sistemi a molti corpi: funzione di partizione; funzioni di Green; equazione di Dyson, «self-energy» e massa efficace; approssimazione della fase stazionaria e sviluppo in «loops»; campo medio di Hartree-Fock; termodinamica di un gas di bosoni interagenti; teoria di Landau dei liquidi di Fermi; liquidi di Fermi superconduttivi e/o superfluidi. Teoria della risposta lineare e teorema di fluttuazione-dissipazione.

Corso: Compattato annuale dell' indirizzo teorico generale

Esame: Prova orale

12 ORARIO RICEVIMENTI

L'orario di ricevimento dei docenti per ciascun corso viene aggiornato all'inizio di ogni semestre (trimestre) ed è disponibile alla pagina web <http://www.fi.infn.it/attdid/didattica/> .