

# FISICA

## **Premessa**

Viene riportato di seguito l'ordinamento degli studi del corso di laurea in Fisica riformato in base al **DM 270/2004**. Nell'A.A. 2010/11 saranno attivi tutti i tre anni del corso.

## Ordinamento degli Studi Laurea Triennale (DM 270)

### I° Anno

#### I Semestre

<i>Mat/05</i> Calcolo I	12 CFU
<i>Mat/03</i> Geometria	12 CFU
<i>L-Lin/12</i> Inglese	4 CFU

#### II Semestre

<i>Fis/01</i> Fisica I	15 CFU
<i>Fis/01</i> Laboratorio di Fisica I	9 CFU
<i>Chim/03</i> Chimica	7 CFU

### 2° Anno

#### I Semestre

<i>Mat/05</i> Calcolo 2	9 CFU
<i>Fis/01</i> Fisica 2	10 CFU
<i>Inf/01</i> Lab. di Calcolo Numerico e Informatica	9 CFU

#### II Semestre

<i>Fis/01</i> Fisica 3	6 CFU
<i>Fis/01</i> Laboratorio di Fisica 2	9 CFU
<i>Fis/02</i> Meccanica Analitica	6 CFU
Corso a scelta*	6 CFU

**3° Anno****I Semestre**

<i>Fis/02</i> Meccanica Quantistica	9 CFU
<i>Fis/02</i> Metodi Matematici della Fisica	9 CFU
<i>Fis/01</i> Laboratorio 3	8 CFU
Corso a scelta*	6 CFU

**II Semestre**

<i>Fis/03</i> Struttura della Materia	8 CFU
<i>Fis/04</i> Elem. di Fisica Nucleare e Subnucleare	6 CFU
<i>Fis/02</i> Meccanica Statistica	6 CFU
Corso a scelta*	6 CFU
Prova Finale	8 CFU

\*Dei tre corsi a scelta due si devono intendere a scelta completamente libera, mentre il terzo deve avere Settore Scientifico Disciplinare (SSD) tra quelli elencati nell'Offerta Formativa sotto insegnamenti di tipo affine-integrativo (alla pagina

[www.study-in-italy.it/php5/scheda\\_corso.php?ambiente=offf&anno=2008&corso=1008582](http://www.study-in-italy.it/php5/scheda_corso.php?ambiente=offf&anno=2008&corso=1008582)

del sito del MIUR <http://offf.miur.it> ).

Per il corso a scelta del terz'anno viene consigliato il corso di Elementi di Astrofisica I, a tutti gli studenti tranne quelli che intendono seguire il piano di studi "Fisica dei Biosistemi" nella Laurea Magistrale in Fisica, per i quali è consigliato invece il corso di Fisica Biologica I.

Si fa notare inoltre che gli altri due esami, a scelta libera, saranno verbalizzati e conterranno nella media come un unico esame (con voto pari alla media dei singoli voti, pesati con i relativi crediti).

**Elenco dei Corsi a Scelta (da 6 CFU se non diversamente indicato)**

Matematica

Complementi di Algebra e Geometria (\*) (!)

Fondamenti di Analisi Matematica (\*) (!)

Algebra I (\*) (corso sulla Teoria dei Gruppi)

### Fisica

Acceleratori di Particelle (\*)  
Acustica (\*)  
Complementi di Ottica (\*)  
Complementi di Struttura della Materia  
Elementi di Astrofisica 1 (\*)  
Elementi di Astrofisica 2 (\*)  
Elettronica 1 (\*)  
Fisica dei Plasmi (\*)  
Fisica Biologica 1 (\*)  
Fisica dei Sistemi Dinamici (\*) (!)  
Fisica delle Basse Temperature  
Fisica Medica (\*)  
Fisica Teorica 1 (\*)  
Fondamenti di Informatica (\*)  
Fluidodinamica (*corso da 6 cfu, sottoinsieme del corso omonimo di FAM da 14 cfu*)  
Introduzione all'Astronomia (\*) (!)  
Introduzione alle Reti Neurali (\*)  
Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare  
Metodi Probabilistici per la Fisica (\*) (non attivato nell'A.A. 2010/11)  
Metodologie Sperimentali per la Ricerca di Processi Rari (\*)  
Radiazioni non Ionizzanti (\*)  
Radioattività  
Storia della Scienza (\*) (!) (*in due versioni: da 8 e 6 cfu*)  
Termodinamica dei Processi Irreversibili (\*)

### Ingegneria

Sensori e Rivelatori (\*)  
Teoria dell'Ottimizzazione (\*)

### Chimica

Chimica Biologica (\*)  
Chimica Fisica 1 (\*)  
Chimica dei Solidi I  
Chimica Organica

### Biologia

Genetica di Base (\*) (!)  
Misure ed Analisi di Segnali Bioelettrici (\*)

(\*) I corsi contrassegnati con un asterisco non richiedono come propedeutico il corso di Meccanica Quantistica.

(!) I corsi contrassegnati con un punto esclamativo possono essere seguiti al secondo semestre del secondo anno.

### **Speciale Matricole**

Gli studenti che si immatricolano al corso di laurea in Fisica devono sostenere un test di valutazione, obbligatorio per legge per tutti i corsi di laurea, allo scopo di valutare le conoscenze di base in Matematica. Il test si terrà nei primi giorni di settembre 2010 alle ore 9 nelle aule della Facoltà di Scienze MFN. Per motivi organizzativi, lo studente deve prenotarsi presso il servizio Infodesk (tel. 06.7259.4800) di accoglienza alle matricole della Facoltà di Scienze MFN. Il servizio sarà attivo nella seconda metà di luglio e all'inizio di settembre 2010, dalle ore 9,00 alle ore 14,00.

Il test consiste in una prova scritta con domande a risposta multipla. Gli argomenti su cui verterà il test sono: Equazioni e disequazioni di primo e secondo grado. Numeri complessi. Divisione tra polinomi. Funzioni trigonometriche. Potenze e logaritmi. Equazioni e disequazioni contenenti espressioni razionali fratte, radicali, logaritmi ed esponenziali. Progressioni aritmetiche e geometriche. Richiami di geometria. A coloro che non superano il test viene data la possibilità di colmare le proprie lacune seguendo un Corso di Matematica 0, della durata di 2 settimane, organizzato nel mese di Settembre, al termine del quale il test di valutazione verrà ripetuto. Per coloro che non superano il secondo test o per coloro che si immatricolano più tardi, sono inoltre previsti ulteriori test a dicembre e a febbraio.

Gli studenti che non superano nessuno di questi test avranno l'obbligo di sostenere Calcolo I come primo esame.

Un esempio di domande tipiche del test di valutazione, insieme con un elenco di esercizi utili per la preparazione, è disponibile in rete ([www.mat.uniroma2.it/didattica/](http://www.mat.uniroma2.it/didattica/)).

### **Piani di studio**

Gli studenti che seguono l'ordinamento degli studi proposto dal Consiglio di Corso di Studio non hanno l'obbligo di presentare un piano di studio. In questo ordinamento degli studi alcuni esami sono a scelta dello studente. Essi sono di due tipi, a scelta libera e a scelta da un elenco (in questo caso il Settore Scientifico Disciplinare (SSD) del corso è obbligato, per esempio FIS, che sta per "fisica"). Tutti gli studenti dovranno comunicare la propria scelta degli esami a scelta libera al CCS, che ne prenderà atto.

Nell'ordinamento degli studi del corso di laurea triennale in Fisica di Tor Vergata, (DM 270/2004) sono previsti due esami a scelta libera per un totale di 12 CFU e un corso di fisica da 6 CFU, a scelta da un elenco. Per quanto riguarda gli esami a scelta libera si precisa che gli studenti potranno scegliere anche un numero diverso di corsi e una distribuzione diversa dei crediti (e seguirli nell'anno e nei semestri che preferiscono), purché il numero totale di crediti sia almeno 12.

Gli studenti infine possono presentare un piano di studio individuale, che deve essere "coerente con gli obiettivi del Corso di Laurea e con l'Offerta Formativa" (vedi Regolamento del Corso di Laurea in Fisica). Il piano di studio individuale deve essere sottomesso al CCS per l'approvazione e potrà essere successivamente modificato dallo studente, previa nuova approvazione del CCS.

### **Prova finale**

La prova finale consiste nella discussione di una relazione scritta (tesi triennale), su un argomento attuale di ricerca proposto da un relatore, nel settore prescelto dallo studente.

Lo studente dovrà dare comunicazione dell'inizio del lavoro di tesi triennale compilando il modulo, disponibile sul sito della Facoltà di Scienze.

Lo studente dovrà presentare la domanda di laurea compilando il modulo disponibile sul sito Delphi (<http://delphi.uniroma2.it/totem/jsp/index.jsp>), almeno 20 giorni prima della sessione di laurea. Una copia del modulo dovrà essere consegnata presso la Segreteria del CCS (Presidenza della Facoltà di Scienze) con il nome del docente relatore ed il titolo della tesi.

1. La relazione scritta dovrà essere consegnata alla Segreteria del CCS almeno sette giorni prima della seduta di laurea.

2. La discussione della tesi avviene in seduta pubblica davanti ad una Commissione di cinque docenti che esprime la valutazione complessiva in centodecimi, eventualmente anche con la lode, tenendo conto della media dei voti riportati negli esami, del curriculum complessivo dello studente, del lavoro di tesi e della relativa discussione. La media dei voti riportati negli esami sarà pesata con i relativi CFU acquisiti e trasformata in centodecimi. Sono esclusi dal computo gli 8 CFU della prova finale e i 4 CFU dell'esame di Inglese, per il quale è prevista l'idoneità.

3. Alla formazione della media contribuiscono:

- 1) gli esami (valutati con un voto) relativi alle attività formative: a) di base; b) caratterizzanti e c) affini o integrative;
- 2) gli esami relativi alla attività formativa d) a scelta dello studente, limitatamente ai corsi di carattere scientifico, come da parere del CCS.

Nella formazione della media non si terrà conto dei voti più bassi, per un massimo di:  
24 cfu se lo studente si laurea in corso  
12 cfu se lo studente si laurea durante il primo anno fuori corso  
6 cfu in tutti gli altri casi

Per gli studenti immatricolati prima dell'A.A. 2009/10, nella formazione della media non si terrà conto dei voti più bassi per un massimo di  
36 cfu per chi si laurea in corso  
24 cfu per chi si laurea durante il primo anno fuori corso  
12 cfu in tutti gli altri casi

Agli studenti che superano i 110 punti può essere attribuita la lode, su proposta scritta del docente relatore, con voto unanime della commissione.

# Programmi dei corsi

## **ACCELERATORI DI PARTICELLE**

**6 CFU**

*Docente da definire*

Moto di particelle cariche in campi elettrici e magnetici: richiami. Breve storia degli acceleratori di particelle. Acceleratori elettrostatici, elettrodinamici circolari e lineari: dinamica lineare del fascio con e senza irraggiamento, cenni alla dinamica nonlineare, proprietà dei fasci, luminosità. Introduzione alle tecnologie degli acceleratori: radiofrequenza, superconduttività e vuoto.

## **ACUSTICA**

**6 CFU**

*Docente da definire*

Onde in mezzi elastici fluidi e solidi. Velocità del suono. Emissione, propagazione e ricezione del suono in aria. Sorgenti sonore. Interferenza e diffrazione. Onde stazionarie. Riflessione e assorbimento del suono. Campi sonori: campo vicino e campo riverberato. Trasmissione del suono e delle vibrazioni. Sistemi lineari. Equivalenza elettrico-meccanico-acustica. Analisi armonica. Trasformate di Fourier e Laplace. Funzioni di trasferimento. Risposta in frequenza e nel tempo. Reti di trasduttori lineari. Linea di trasmissione.

## **ALGEBRA I**

**6 CFU**

*Prof.ssa E. Strickland*

[Programma di Algebra I per Fisici, sottoinsieme del corso per Matematici da 8 cfu].

Definizioni di gruppo. Sottogruppi, Gruppi simmetrici. Gruppi diedrali. Sottogruppi. Classi laterali rispetto ad un sottogruppo. Teorema di Lagrange. Teorema di Cayley. Sottogruppi normali. Gruppi quoziente. Teorema di omomorfismo per i gruppi. Teoremi di isomorfismo per i gruppi. Automorfismi. Automorfismi interni. Quoziente di un gruppo sul suo centro. Applicazioni.

## **CALCOLO I**

**12 CFU**

*Prof. L. Zsido*

Numeri interi, razionali e reali. Successioni e serie numeriche. Limiti di funzioni reali di una variabile reale. Funzioni continue e derivabili di una variabile, la formula di Taylor. Numeri complessi. Integrale di Riemann. Il Teorema Fondamentale del Calcolo Integrale. Integrali generalizzati. Funzioni continue di più variabili reali. Derivate parziali e direzionali per funzioni di più variabili. Funzioni differenziabili di più variabili, la formula di Taylor. Massimi e minimi liberi e vincolati per funzioni reali di più variabili. Successioni e serie di funzioni. Curve, lunghezza, integrale rispetto al parametro arco. Campi vettoriali e forme differenziali, integrali curvilinei. Campi vettoriali conservativi e forme differenziali esatte.

## **CALCOLO 2**

**9 CFU**

*Prof. A. Schiaffino*

Integrali multipli: concetti generali, teorema della divergenza e del rotore. Equazioni differenziali caso lineare, esponenziale di una matrice. Caso non lineare, integrali primi e loro uso nella ricerca delle soluzioni. Serie e integrale di Fourier. Trasformata di Laplace

## **CHIMICA**

**7 CFU**

*Prof.ssa M.L. Terranova*

Tavola periodica e proprietà degli elementi. Il legame chimico. Le equazioni chimiche. Lo stato gassoso. Lo stato solido. Lo stato liquido: soluzioni e proprietà. L'equilibrio chimico in sistemi omogenei ed eterogenei. Equilibri acido-base. Elettrochimica. Cinetica chimica.

## **COMPLEMENTI DI ALGEBRA E GEOMETRIA**

**6 CFU**

*Prof. F. Brenti*

Gruppi. Sottogruppi. Classi laterali. Teorema di Lagrange. Sottogruppi normali. Gruppi quozienti. Omomorfismi. Teorema di Cayley. Spazi topologici. Topologia Euclidea. Aperti e chiusi. Omeomorfismi. Funzioni continue. Interno e chiusura. Distanze. Spazi metrici. Limiti. Topologia prodotto. Connessione. Connessione per archi. Compattezza. Gruppi di matrici. Gruppo generale lineare. Gruppo ortogonale. Gruppo unitario. I gruppi speciali lineari e ortogonali. Isometrie dello spazio Euclideo. Gruppi di simmetrie. Gruppo simmetrico. Gruppi classici di Lie. Algebre di Lie. Spazi tangenti. Azioni. Teorema di Burnside. Applicazioni. Rappresentazioni di gruppi. Classi di coniugio. Rappresentazioni matriciali. G-moduli. Algebre gruppo. Rappresentazioni irriducibili. Teorema di Maschke. Somme dirette. Lemma di Schur. Algebre commutanti e di endomorfismi. Prodotto tensoriale di rappresentazioni.

## **COMPLEMENTI DI OTTICA**

**6 CFU**

*Prof. M. Casalboni*

Interferenza e diffrazione. Polarizzazione della luce. Ottica all'interfaccia tra due mezzi. Birifrangenza. Scattering della luce. Quantizzazione del campo elettromagnetico. Coefficienti di Einstein. Teoria microscopica e macroscopica dell'assorbimento ottico. Indice di rifrazione. Allargamenti di riga. Cenni di ottica guidata. Guide d'onda dielettriche. Modi ottici. Perdite ottiche in film sottili. Ellissometria spettroscopica.

### **TESTI CONSIGLIATI**

R. Loudon, *The quantum theory of light*, Oxford Science 1983

G. Lifante, *Integrated Photonics Fundamentals*, Wiley 2003

## **COMPLEMENTI DI STRUTTURA DELLA MATERIA**

**6 CFU**

*Prof. M. De Crescenzi*

Il corso è diretto a studenti del terzo anno che intendono acquisire una preparazione di base sui fondamenti sperimentali e teorici della struttura degli atomi e dei solidi. Particolare riguardo sarà dato alle applicazioni di nuovi fenomeni fisici quali le nanostrutture, la superconduttività ad alta temperatura, l'STM (scanning tunneling microscopy) e il laser a semiconduttore.

### **TESTI CONSIGLIATI**

R. Eisberg e R. Resnick: *Quantum Physics per atomi e introduzione storica*

S.M. Sze: *Fisica dei dispositivi a semiconduttore*

C. Kittel: *Introduzione alla Fisica dello stato Solido*

## **ELEMENTI DI ASTROFISICA I**

**4 CFU**

*Prof. F. Vagnetti*

Richiede il superamento di Elettromagnetismo I e 2. Forze gravitazionali ed elettromagnetiche. Il Teorema del Viriale. La gravità equilibrata dalla pressione nelle stelle: stelle normali, produzione di energia termonucleare; nane bianche e stelle di neutroni; pressione di degenerazione. La gravità vincente: collasso gravitazionale, buchi neri stellari, e massivi nei quasar e nei Nuclei Galattici Attivi. La gravità alle scale cosmiche: il Big Bang.

## **ELEMENTI DI ASTROFISICA 2**

**6 CFU**

*Docente da definire*

Evoluzione dell'universo e modelli cosmologici. Radiazione cosmica di fondo. Nucleosintesi primordiale. Distribuzione di materia nell'universo. Ammassi di galassie. Formazione di struttura. Galassie normali e loro classificazione. Altre galassie. Dinamica delle galassie a spirale. Curve di rotazione e materia oscura. La nostra galassia. Il mezzo interstellare. Gas e nubi molecolari. Formazione stellare. Ammassi globulari. Stelle variabili. Supernovae. La scala di distanze in astrofisica.

## **ELEMENTI DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE**

**6 CFU**

*Prof. C. Schaerf*

La scoperta del nucleo atomico. Formula semiempirica delle masse. Modelli nucleari. Deflessione di particelle sui nuclei ed i raggi nucleari. Cenni sulle particelle elementari.

## **ELETTRONICA I**

**6 CFU**

*Docente da definire*

Reti a parametri concentrati. Risposte nel dominio del tempo, della frequenza e della frequenza complessa (Trasformata di Laplace e sue applicazioni). Teoremi sulle reti. La controreazione. Amplificatori differenziali e operazionali. Applicazioni lineari e non lineari.

## **FISICA I**

**15 CFU**

*Prof. P. Chiaradia*

Cinematica e Dinamica del punto materiale. Moti relativi. Dinamica dei sistemi di punti materiali e del corpo rigido. Urti. Statica. Gravitazione universale. Leggi di Keplero. Proprietà statiche e dinamiche dei fluidi. Oscillazioni e risonanza. Principio zero della termodinamica. Primo principio della termodinamica. Gas ideali e reali. Teoria cinetica dei gas. Secondo principio della termodinamica. Entropia. Cenni sul terzo principio della termodinamica. Potenziali termodinamici.

## **FISICA 2**

**10 CFU**

*Prof. R. Santonico*

La legge di Coulomb e il campo elettrico. La legge di Gauss. Il potenziale elettrico. Capacità. Dielettrici. Corrente e resistenza. Circuiti elettrici. Campo magnetico costante nel vuoto. Legge di Ampère. Campo magnetico costante nella materia. Induzione elettromagnetica. Autoinduzione e induzione mutua. Correnti alternate. Oscillazioni elettriche. Equazioni di Maxwell. Onde piane. Relatività Speciale e invarianza relativistica delle equazioni di Maxwell.

### **FISICA 3**

**6 CFU**

*Prof. R. Santonico*

Onde meccaniche ed elettromagnetiche. Riflessione e rifrazione della luce. Ottica geometrica (specchi, lenti e strumenti ottici). Interferenza. Diffrazione. Elementi di ottica dei corpi anisotropi.

### **FISICA DELLE BASSE TEMPERATURE**

**6 CFU**

*Prof. M. Cirillo*

Liquidi criogenici e diagrammi di fase. Macchine termiche e frigorifere. Effetto JouleThompson. Criostati ad elio. Termometria. Superfluidità dell' $^4\text{He}$ . Modello a due fluidi per  $^4\text{He}$ . Fononi e rotoni. Fluidodinamica dell' $^4\text{He}$ . Refrigeratore a diluizione  $^3\text{He}$  e  $^4\text{He}$ . Superfluidità dell' $^3\text{He}$ . Proprietà magnetiche dei superconduttori del I e del II tipo. Modello di London e stato intermedio. Lo stato misto e i vortici di Abrikosov. Modello di Landau-Ginsburg. Cenni al modello microscopico della superconduttività ed al tunneling superconduttivo. Effetto Josephson e SQUIDS.

### **FISICA BIOLOGICA I**

**6 CFU**

*Prof.ssa S. Morante*

La cellula: meccanismi di comunicazione e riconoscimento tra cellule. Le macromolecole: proteine, acidi nucleici, zuccheri e lipidi. Il messaggio biologico e la doppia elica del DNA: eplicazione, trascrizione e traduzione. La sintesi proteica. Sequenziamento e mappatura del DNA. Le banche dati. La post-genomica. DNA e supercomputers: gigabytes e nanotecnologie. Proprietà fisico-chimiche degli amino acidi. Proteine: funzione e folding. Struttura secondaria e terziaria. Interazione proteina-proteina. Struttura quaternaria e cooperatività: il modello MCW.

### **FISICA MEDICA**

**6 CFU**

*Prof. L. Narici*

Il nucleo atomico e lo spettro di radiazione. Interazione tra radiazione e materia. Effetti biologici delle radiazioni. Dosimetria: strumenti e tecniche di misure di radiazione. Dose assorbita, curve isodose. Radiobiologia e protezione dalle radiazioni. Uso dei radioisotopi nelle immagini mediche. Tomografia ad emissione di positroni (PET). Tomografia computerizzata a singola emissione fotonica (SPECT).

### **FISICA DEI PLASMI**

**6 CFU**

*Docente da definire*

Introduzione ai plasmi. Moto di particelle nel campo elettromagnetico. Descrizione cinetica e fluida. Equazioni magnetoidrodinamiche. Equilibrio idromagnetico. Processi Collisionali, Onde nei plasmi. Instabilità. Elicità magnetica e topologia. Riconnessione magnetica. Effetti nonlineari. Applicazioni: proprietà dei plasmi spaziali, vento solare e plasmi magnetosferici. Cenni di turbolenza magnetoidrodinamica.

### **FISICA DEI SISTEMI DINAMICI**

**6 CFU**

*Docente da definire*

Introduzione ai sistemi dinamici e al caos deterministico; Sistemi continui e discreti, mappe 1d, modello di Lorenz; Sistemi dinamici conservativi e dissipativi; Punti fissi e stabilità lineare; Esponente di Lyapunov; Misura invariante, naturale, ipotesi ergodica; Attrattore strano e proprietà frattali; Esponenti di Lyapunov generalizzati; Cenni di teoria delle grandi deviazioni; Scenari di transizione al caos; Cenni su processi stocastici.

## **FISICA DEI SOLIDI**

**6 CFU**

*Prof. A. Balzarotti*

Metalli. Teoria classica di Sommerfeld del gas di elettroni liberi. Teoria quantistica del Gellio. Stato fondamentale del gellio nell'approssimazione di Hartree-Fock. Termine di scambio. Approssimazione locale di Slater. Schermo, Funzione dielettrica, Modelli di Thomas-Fermi e di Lindhard, Schermo statico e dinamico. Plasmoni nei metalli. Funzione dielettrica longitudinale. Perdita di energia degli elettroni. Dinamica degli elettroni di Bloch e proprietà di trasporto. Dinamica semiclassica in campo magnetico. Effetto Hall e magnetoresistenza. Gas bidimensionale di elettroni, Livelli di Landau. Effetto Hall quantistico. Risposta magnetica del gas di elettroni liberi. Paramagnetismo di Pauli. Diamagnetismo di Landau. Superconduttività: fenomenologia, coppie di Cooper, Teoria BCS e applicazioni.

## **FISICA TEORICA I**

**6 CFU**

*Prof. E. Pace*

Problema di Dirichlet e di Neumann. Eq. di Maxwell. Potenziali ritardati. Tensore degli sforzi di Maxwell. Onde e.m. Teoria della relatività ristretta. Gruppo e generatori di Lorentz. Covarianza della elettrodinamica. Lagrangiana per una particella carica e per il campo e.m. Conservazione di energia, impulso e momento ang. del campo e.m. Tensore degli sforzi. Funzioni di Green. Potenziali di Lienard-Wiechert. Radiazione e.m.

TESTO CONSIGLIATO

J.D. Jackson, Elettrodinamica Classica, Zanichelli, 2001.

## **FLUIDODINAMICA**

**6 CFU**

*Prof. R. Benzi*

Equazioni di un fluido non viscoso e principali leggi di conservazione. Fluidi in due dimensioni. Effetto della viscosità di un fluido. Stabilità dei moti fluidi stazionari: strato limite e sistemi di Rayleigh Benard. Transizione alla turbolenza e boundary layer turbolento.

## **FONDAMENTI DI ANALISI MATEMATICA**

**6 CFU**

*Prof. J. Roberts*

I numeri reali, successione e serie, limiti, spazi di Banach, teoria dell'integrazione di Riemann-Cauchy, calcolo differenziale in una dimensione, relazione fra differenziazione ed integrazione, calcolo differenziale in più variabili, funzioni implicite, sistemi di equazioni differenziali lineari, spazi di Hilbert e operatori, applicazioni alla meccanica quantistica.

## **GEOMETRIA**

**12 CFU**

*Prof. S. Buoncristiano*

Lo spazio  $R^n$  delle  $n$ -uple di numeri reali. Sottospazi vettoriali di  $R^n$ . Spazio vettoriale, dipendenza ed indipendenza lineare, basi e dimensione, sottospazi vettoriali in generale. Sottospazi affini di  $R^n$ . Prodotto scalare canonico in  $R^n$  e prodotto vettoriale in  $R^3$ . Matrici e loro prodotti, sistemi di equazioni lineari. Il determinante. Applicazioni lineari, matrici associate, cambiamenti di base. Autovalori autovettori diagonalizzazione. Prodotti scalari. Aggiunto di un operatore, operatori simmetrici, teorema spettrale. Matrici ortogonali ed unitarie. Forma canonica metrica delle (iper)quadriche, equazione delle coniche reali in

coordinate polari.

#### "TESTI DI RIFERIMENTO

Lang Algebra lineare Boringhieri- Silvana Abeasis Elementi di algebra lineare e geometria Zanichelli- Dispense del corso.

### **INGLESE**

**4 CFU**

*Docente da definire*

**MAIN OBJECTIVES.** The course aims at the consolidation and improvement of the four language skills (reading, writing, listening, and speaking) through a wide range of activities in the field of science.

**COURSE CONTENT.** The lessons will be organized around various thematic units based on the course textbook and articles taken from authentic sources such as newspapers, the internet, specialized journals and hand-outs distributed in class. Each unit will focus on enhancing general language structures, vocabulary and functions on the basis of the readings and inclass discussions. Particular attention will be given to improving reading, comprehension and summarizing skills.

### **INTRODUZIONE ALL'ASTRONOMIA**

**6 CFU**

*Prof. R. Buonanno*

Il cosmo di Aristotele e di Tolomeo. Il cosmo cristiano medievale. Il sistema copernicano e quello di Tycho Brahe. Il cosmo nella visione moderna: il sistema solare, la Galassia, il sistema locale. Gli ammassi di galassie. L'osservazione del cielo: sistemi di coordinate. Effetti della atmosfera terrestre. Il Diagramma HR. Concetti di evoluzione stellare. Principi di costituzione dei telescopi. Configurazioni ottiche. Astrofisica dallo spazio: principali missioni in atto e nel futuro immediato. Le distanze in Astronomia. I principali indicatori. Le stelle variabili come indicatori primari.

### **INTRODUZIONE ALL'INFORMATICA**

**6 CFU**

*Docente de definire*

Cenni sull'architettura di un calcolatore, CPU, memorie RAM, dischi rigidi. Sistemi operativi. Comunicazioni tra calcolatori e con hardware esterno. Programmi di scrittura scientifica: breve introduzione a tex. Scrittura di una semplice relazione scientifica in Latex. I compilatori. Introduzione alla programmazione strutturata, diagrammi di flusso. Esempi di facili programmi in Matlab. Importanza delle approssimazioni numeriche introdotte nella soluzione di facili problemi di fisica.

### **ISTITUZIONI DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE**

**6 CFU**

*Prof. P. Picozza*

Fisica del Nucleo: richiami del modello a shell. Interazione nucleone-nucleone. Il deutone. Reazioni nucleari. Fisica delle Particelle Elementari: Concetti fondamentali. Stati eccitati e risonanze. Principi di invarianza, leggi di conservazione e simmetrie. Invarianza CPT. Interazione debole. Neutrini ed antineutrini. Diffusione pionenucleone. SU(3). I quark costituenti. Teoria del colore e cromodinamica quantistica. Mesoni e barioni come stati legati dei quark. Massa degli adroni.

### **LABORATORIO DI FISICA I**

**9 CFU**

*Prof.ssa R. Bernabei*

Grandezze fisiche. Strumenti di misura e loro caratteristiche. Errori di misura e loro propagazione. Misure di grandezze meccaniche e termiche connesse alle esperienze di laboratorio. Trattamento statistico dei risultati di una misura. Probabilità e frequenza. Distribuzioni limite. Metodo dei minimi quadrati: regressione lineare. Esercitazioni di laboratorio.

### **LABORATORIO DI FISICA 2**

**9 CFU**

*Prof. M. Cirillo*

Leggi di Ohm e di Joule. Analisi dei circuiti elettrici in c.c. e c.a. Grandezze elettriche e relativi strumenti di misura. Rappresentazione complessa delle correnti e delle tensioni. Circuiti RL, RC ed RLC. Diodo e circuiti a diodo. Esercitazioni di laboratorio. Onde elettromagnetiche: rifrazione, riflessione, interferenza. Ottica geometrica: prisma, diottero, specchio sferico. Misure con sistemi ottici centrati e strumentazione connessa. Laser. Ottica dei corpi anisotropi.

### **LABORATORIO 3**

**8 CFU**

*Prof. R. Messi*

Cenni alla struttura dei semiconduttori. Transistor a giunzione: principali configurazioni e loro caratteristiche, transistor a basse frequenze, modello ibrido. Amplificatori, amplificatori operazionali e applicazioni. Rumore in elettronica; tecniche di riduzione del rumore; lock-in. Circuiti digitali; esempi di funzioni in logica parallela ed in logica seriale. Esercitazioni di laboratorio.

### **LABORATORIO DI CALCOLO NUMERICO E INFORMATICA**

**9 CFU**

*Prof. F. Berrilli*

Fondamentali di informatica. Metodi per la ricerca di radici semplici. Integrali numerici: Riemann, trapezi e Simpson. Integrali impropri, Metodo Monte Carlo. Metodi numerici per le equazioni differenziali ordinarie (ODE). Generatori di numeri pseudo-casuali. L'esperimento numerico di Fermi-Pasta-Ulam. Trasformate FFT e DCT. Compressione. Automi Cellulari. Aritmetica modulare. Entropia di Shannon. Kernel di convoluzione.

Automi 2-d per la simulazione di sistemi complessi. Modello Forest-Fire e Sand Pile. Automi Cellulari Dissipativi. Introduzione ai linguaggi di programmazione F95 e C/C++

**TESTI CONSIGLIATI:**

Epperson J.F. "Introduzione all'analisi numerica: Teoria, metodi, algoritmi" McGraw-Hill

Press et al.: "Numerical Recipes"

T.Sauer "Numerical Analysis" Addison Wesley

S.J. Chapman: "Fortran 90/95 - Guida alla programmazione" McGraw-Hill

B.W. Kernighan, D.M. Ritchie: "Linguaggio C" Gruppo Editoriale Jackson

### **MECCANICA ANALITICA**

**6 CFU**

*Prof. E. Presutti*

Richiede il superamento di Calcolo 2 e Fisica I

Equazioni di Lagrange. Formulazione variazionale. Simmetrie e costanti del moto. Equazioni di Hamilton. Integrabilità, trasformazioni canoniche, equazione di Hamilton-Jacobi.

**TESTI CONSIGLIATI:** Esposito, Appunti di Meccanica Razionale; Appunti del Docente

### **MECCANICA QUANTISTICA**

**9 CFU**

*Prof. L. Biferale*

Richiede il superamento di Calcolo 2, Geometria, Fisica 1, Fisica 2, e Meccanica Analitica.

Crisi della Fisica Classica. Corpo nero. Effetto fotoelettrico. Fenomeni ondulatori, interferenza e diffrazione. Postulati della Meccanica Quantistica. Equazione di Schroedinger unidimensionale: buca di potenziale, effetto tunnel, oscillatore armonico. Equazione di Schroedinger tridimensionale: atomo di idrogeno. Momento angolare, composizione dei momenti angolari. Spin e momento magnetico. Particelle identiche, principio di Pauli. Teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo, teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo. Metodi variazionali.

### **MECCANICA STATISTICA**

**6 CFU**

*Dr. F. Fucito*

Richiede il superamento di Meccanica Quantistica I.

Spazio delle fasi, teorema di Liouville. Ensemble microcanonico. Paradosso di Gibbs. Ensemble canonico. Ensemble gran-canonico: gas di fotoni e formula di Planck. Condensazione di Bose-Einstein. Gas di fermioni: degenerazioni di Fermi-Dirac. Applicazioni: gas di elettroni in un metallo, vibrazioni dei reticoli cristallini e fononi, calori specifici dei solidi.

#### **TESTI CONSIGLIATI**

C.J. Thompson, *Mathematical Statistical Mechanics*

G. Parisi, *Statistical Field Theory*

S.K. Ma, *Statistical Mechanics*

S.K. Ma, *Modern Theory of Critical Phenomena*

### **METODI MATEMATICI DELLA FISICA**

**9 CFU**

*Prof. G. Rossi*

Richiede il superamento di Calcolo 3 e Geometria 2

Funzioni analitiche di variabile complessa. Teoremi di Cauchy. Funzioni monodrome e poldrome. Spazi vettoriali ad un numero finito di dimensioni: vettori e operatori lineari. Autovalori e autovettori. Rappresentazione spettrale. Spazio di Hilbert e cenni di analisi funzionale. Polinomi ortogonali. Operatore aggiunto, autoaggiunto, unitario e normale. Cenni di teoria delle distribuzioni. Serie e trasformate di Fourier. Trasformata di Laplace.

### **METODI PROBABILISTICI PER LA FISICA**

*(non attivato nell'A.A. 2010/11)* **6 CFU**

*Prof.ssa R. Marra*

Definizione di probabilita' e proprieta' elementari. Distribuzione binomiale, di Poisson e Gaussiana e relazioni tra esse. Legge dei grandi numeri e Teorema del limite centrale (CLT) per variabili indipendenti. Non validita' del CLT: distribuzione di Cauchy. Variabili dipendenti: distribuzione gaussiana e CLT. Random walk e limite del continuo. Problema della rovina del giocatore. Catene di markov: definizione. Probabilita' di transizione.

Stati accessibili, ricorrenti e periodici. Criterio e Teorema di ricorrenza. Comportamento asintotico nel tempo. Teoremi di convergenza alla misura invariante. Bilancio dettagliato. Metodi Montecarlo. Algoritmi numerici: Metropolis, Dinamica di Glauber e di Kawasaki.

## **METODOLOGIE SPERIMENTALI PER LA RICERCA DI PROCESSI RARI 6 CFU**

*Docente da definire*

Introduzione ad alcune delle tematiche più significative: l'investigazione sui neutrini solari, sulla Materia Oscura dell'Universo, sugli assioni solari, sui processi di decadimento doppio beta, sulla stabilità della materia e su altri decadimenti rari. Metodologie principali per la progettazione di un esperimento efficace. Analisi delle principali tecniche sperimentali dedicate. Descrizione comparativa di alcuni esperimenti noti e cenno alle caratteristiche necessarie per gli apparati sperimentali della prossima generazione.

## **RADIAZIONI NON IONIZZANTI**

**6 CFU**

*Prof. G. Carboni*

Il corso tratta i problemi associati all'interazione dei campi elettromagnetici non ionizzanti con gli organismi viventi, in particolare gli esseri umani. Il problema delle radiazioni non ionizzanti ha assunto recentemente una notevole importanza per il loro potenziale impatto sulla salute e ha importanti risvolti anche economici. Mentre il meccanismo con cui le radiazioni ionizzanti interagiscono con l'organismo è ben compreso quello delle radiazioni non ionizzanti è pressoché ignoto. Il corso si propone di offrire un quadro aggiornato delle conoscenze attuali, delle ricerche in corso e delle normative vigenti.

## **RADIOATTIVITÀ**

**6 CFU**

*Prof.ssa R. Bernabei*

La radioattività: principi e applicazioni. Unità di misura. Modi di decadimento e radiazioni associate. Legge del decadimento radioattivo. Le catene radioattive. L'equazione secolare. La statistica nelle misure di radioattività. Dosimetria e unità di misura. Misura della radioattività ambientale. Il Radon. Tecniche per la selezione di materiali. Analisi con tecniche di attivazione neutronica. Tecniche di datazione. Cenni agli usi di radiazioni in medicina.

## **STORIA DELLA SCIENZA**

**6 CFU**

*Prof. L. Russo*

Conoscenze pre-scientifiche e scienza: cenni al problema della demarcazione. La filosofia naturale della Grecia classica. Metodo e risultati della scienza ellenistica. Il Rinascimento scientifico. L'età galileiana. Principali caratteristiche della scienza settecentesca. La nascita delle principali teorie dell'Ottocento: geometrie non euclidee, termodinamica, elettromagnetismo, chimica, teoria dell'evoluzione. Crisi della scienza esatta nel primo Novecento. Sviluppo dell'informatica e sue conseguenze. Mutamenti del rapporto tra scienza e tecnologia.

## **STRUTTURA DELLA MATERIA**

**8 CFU**

*Prof. A. Balzarotti*

Richiede il superamento di Meccanica Quantistica I

Atomi idrogenoidi in campi elettrici e magnetici. Atomi multielettronici. Metodi approssimati. Interazione di atomi con il campo di radiazione. Struttura di molecole semplici. Moti elettronici e nucleari. Moti elettronici e nucleari. Spettri molecolari. Solidi: reticolo diretto e reciproco. Struttura a bande di energia. Semiconduttori. Vibrazioni reticolari.

#### TESTI CONSIGLIATI

B.H. Bransden, C.J. Joachain: Physics of Atoms and Molecules, Longman (1986)

C. Kittel: Introduzione alla Fisica dello Stato Solido, Boringhieri (1993)

Appunti distribuiti a lezione

#### **TERMODINAMICA DEI PROCESSI IRREVERSIBILI**

**6 CFU**

*Docente da definire*

Sistemi termodinamici all'equilibrio: richiami di termodinamica dell'equilibrio, approccio di Carathéodory e di Gibbs, Le equazioni fondamentali, I e II legge della termodinamica, relazioni di Maxwell e di Gibbs-Duhem, criteri di stabilità e principi per l'equilibrio estremo.

Sistemi termodinamici non all'equilibrio:

a) fenomeni irreversibili lineari, equilibrio locale, leggi di conservazione ed equazioni per il bilancio, formulazione locale della seconda legge della termodinamica ed equazione per il bilancio dell'entropia, equazioni fenomenologiche, relazioni di reciprocità di Onsager, principio di Curie - Prigogine, stati stazionari di non equilibrio, fondamento statistico e relazioni di reciprocità, risposta lineare e teorema di fluttuazione e dissipazione

b) fenomeni irreversibili nonlineari, reazioni chimiche e fenomeni di rilassamento, reazioni chimiche accoppiate, reazioni unimolecolari. principio del bilancio dettagliato, equazione di Lotka-Volterra e reazioni oscillanti, multistazionarietà ed insorgenza del caos.