

# Fisica

## Premessa

Viene riportato di seguito l'ordinamento degli studi del corso di laurea in Fisica riformato in base al **DM 270/2004**.

## Ordinamento degli Studi - Laurea Triennale (DM 270)

Dall'A.A. 2011/12 il corso di Laurea si articola in due curricula:

Fisica e Fisica dell'Atmosfera e Meteorologia.

## Curriculum "FISICA"

### I° Anno – I° semestre

[B]	Mat/05	Calcolo I	12 Cfu
[B]	Mat/03	Geometria	12 Cfu
[--]	L-Lin/12	Inglese	4 Cfu

### I° Anno – II° semestre

[B]	Fis/01	Fisica I	15 Cfu
[C]	Fis/01	Laboratorio di Fisica I	9 Cfu
[ASL]	- - -	Corso a scelta *	6 Cfu

### II° Anno – I° semestre

[B]	Mat/05	Calcolo 2	9 Cfu
[B]	Fis/01	Fisica 2	10 Cfu
[B]	Inf/01	Lab. di Calcolo Numerico e Informatica	9 Cfu

### II° Anno – II° semestre

[C]	Fis/01	Fisica 3	6 Cfu
-----	--------	----------	-------

[C]	Fis/01	Laboratorio di Fisica 2	9 Cfu
[AI]	Fis/02	Meccanica Analitica	6 Cfu
[B]	Chim/03	Chimica	7 Cfu

## III° Anno – I° semestre

[C]	Fis/02	Meccanica Quantistica	9 Cfu
[C]	Fis/02	Metodi Matematici della Fisica	9 Cfu
[AI]	Fis/01	Laboratorio 3	8 Cfu
[AI]	- - -	Corso a scelta *	6 Cfu

## III° Anno – II° semestre

[C]	Fis/03	Struttura della Materia	8 Cfu
[C]	Fis/04	Elementi di Fisica Nucleare e Subnucleare	6 Cfu
[C]	Fis/02	Meccanica Statistica	6 Cfu
[ASL]	- - -	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=off&anno=2008&corso=1008582](http://www.study-in-italy.it/php5/scheda_corso.php?ambiente=off&anno=2008&corso=1008582) del sito del MIUR <http://off.miur.it>). Tra i corsi a scelta viene consigliato il corso di Elementi di Astrofisica I. Si fa notare inoltre che i due corsi 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).

### Curriculum “FISICA dell’ATMOSFERA e METEOROLOGIA”

*Nell’A.A. 2012/13 saranno attivi solo il primo ed il secondo anno di questo nuovo curriculum*

## I° Anno – I° semestre

[B]	Mat/05	Calcolo I	12 Cfu
[B]	Mat/03	Geometria	12 Cfu
[--]	L-Lin/12	Inglese	4 Cfu

## I° Anno – II° semestre

[B]	Fis/01	Fisica I	15 Cfu
[C]	Fis/01	Laboratorio di Fisica I	9 Cfu
[ASL]	- - -	Corso a scelta	6 Cfu

## II° Anno – I° semestre

[B]	Mat/05	Calcolo 2	9 Cfu
[B]	Fis/01	Fisica 2	10 Cfu
[B]	Inf/01	Laboratorio di Calcolo Numerico e Informatica	9 Cfu

## II° Anno – II° semestre

[B]	Chim/03	Chimica	7 Cfu
[C]	Fis/01	Fisica 3	6 Cfu
[C]	Fis/01	Laboratorio di Fisica 2	9 Cfu
[C]	Fis/02	Geofluidodinamica	9 Cfu

III° Anno – I° semestre *(da attivare nell'A.A. 2013/14)*

[C]	Fis/02	Meccanica Quantistica	9 Cfu
[C]	Fis/02	Metodi Matematici della Fisica	9 Cfu
[AI]	Fis/06	Fisica dell'Atmosfera	9 Cfu
[ASL]	- - -	Corso a scelta	6 Cfu

## III° Anno – II° semestre

[AI]	Fis/03	Struttura della Materia	8 Cfu
[C]	Fis/04	Elementi di Fisica Nucleare e Subnucleare	6 Cfu
[AI]	Fis/06	Climatologia	9 Cfu
		Prova Finale	7 Cfu

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

SSD Mat/03	Complementi di Algebra e Geometria
SSD Mat/05	Fondamenti di Analisi Matematica
SSD Inf/01	Fondamenti di Informatica <i>(Mutuato dal Corso di Laurea in Informatica)</i>
SSD Fis/02	Metodi Probabilistici per la Fisica

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

SSD Mat/03 Complementi di Algebra e Geometria (\*) (!)

SSD Mat/05 Fondamenti di Analisi Matematica (\*) (!)

SSD Mat/02 Algebra I (\*) (8 cfu – Mutuato dal Corso di Laurea in Matematica)

Fisica

SSD Fis/04 Acceleratori di Particelle (\*)

SSD Fis/01 Acustica (\*)

SSD Fis/03 Complementi di Ottica (\*)

SSD Fis/03 Complementi di Struttura della Materia

SSD Fis/05 Elementi di Astrofisica I (\*)

SSD Fis/05 Elementi di Astrofisica 2 (\*)

SSD Fis/01 Elettronica I (\*)

SSD Fis/03 Fisica dei Plasmi (\*)

SSD Fis/07 Fisica Biologica I (\*)

SSD Fis/06 Fisica dei Sistemi Dinamici (\*) (!)

SSD Fis/03 Fisica delle Basse Temperature

SSD Fis/07 Fisica Medica (\*)

SSD Fis/02 Fisica Teorica I (\*)

SSD Inf/01 Fondamenti di Informatica (\*) (!) (Mutuato dal Corso di Laurea in Informatica)

SSD Fis/02 Fluidodinamica (\*) (!) (corso da 6 cfu, sottinsieme del corso Geofluidodinamica da 9 cfu)

SSD Fis/05 Introduzione all'Astronomia (\*) (!)

SSD Fis/04 Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare

SSD Fis/02 Metodi Probabilistici per la Fisica (\*)

SSD Fis/04 Metodologie Sperimentali per la Ricerca di Processi Rari (\*)

SSD Fis/04 Nuclear Sciences and Applications

SSD Fis/04 Radioattività (Radioactivity)

SSD Mat/04 Storia della Scienza (\*) (!) (8 Cfu)

SSD Fis/01 Termodinamica dei Processi Irreversibili (\*)

SSD Fis/01 Fenomeni elettrici nei gas e applicazione ai rilevatori di ionizzazione

*(Electrical Phenomena in gaseous media and Application to Ionization Detectors)*Ingegneria

SSD Mat/09 Ottimizzazione (\*)

SSD Ing-Inf/01 Sensori ed Applicazioni (\*)

Chimica

SSD Bio/10 Chimica Biologica (\*)

SSD Chim/02 Chimica Fisica I (\*)

SSD Chim/03 Chimica dei Solidi I

SSD Chim/06 Chimica Organica

Biologia

SSD Bio/18 Genetica di Base e Tecnologie Genetiche (\*) (!) (7 cfu - Mutuato dal Corso di Laurea in Biotecnologie)

SSD Fis/01 Misure ed Analisi di Biosegnali (\*)

(\*) 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 sosterranno un test di valutazione, allo scopo di valutare le conoscenze di base in Matematica. Il test si terrà nei primi giorni di settembre 2012. 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 2012, 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. Per coloro che non superano il test, si svolgerà nel mese di Settembre un corso di Matematica 0 della durata di 2 settimane per colmare le lacune degli studenti, al termine del quale si terrà un secondo test. Per coloro che non avranno superato i test o per coloro che si immatricolano più tardi, si farà un ulteriore test a dicembre.

Gli studenti che non avranno superato 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/)).

### **Curricula e Piani di studio**

Al termine del I anno di corso gli studenti devono segnalare, alla Segreteria Didattica del CCS, quale curriculum intendono seguire.

Gli studenti che seguono gli ordinamenti degli studi proposti dal Consiglio di Corso di Studio **non hanno** l'obbligo di presentare un piano di studio. Negli ordinamenti degli studi proposti alcuni esami sono a scelta dello studente. Essi sono di due tipi: due esami a scelta libera per un totale di 12 cfu ed un esame a scelta dall'elenco.

Tutti gli studenti dovranno comunicare la propria scelta degli esami a scelta libera al CCS, che ne prenderà atto e valuterà il carattere scientifico del corso scelto.

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), purchè 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.

### **Attività a scelta e Stage**

Gli studenti della Laurea Triennale in Fisica potranno effettuare un tirocinio (stage) nell'ambito delle attività a scelta libera. Il lavoro di stage deve avere una durata minima di circa 150 ore, dà diritto a 6 crediti formativi (6 CFU) e sostituisce 1 esame a scelta libera. Lo stage può essere svolto:

1. presso docenti e laboratori di ricerca dell'Università di Roma Tor Vergata,
2. presso un laboratorio di ricerca esterno o azienda italiana,
3. presso una istituzione estera.

Come regola generale lo stage deve essere prima concordato con il Presidente del CCS, il quale dovrà :

- a. accertare la coerenza del percorso formativo di stage con il piano di studi prescelto dallo studente
- b. nominare per i casi 2. e 3. un docente interno responsabile della valutazione finale del lavoro di stage (per il caso 1. è automaticamente il docente presso cui viene svolto lo stage)
- c. mettere lo studente a conoscenza di tutte le formalità necessarie per lo svolgimento dello stage. Per i casi 2. e 3. sono necessari accordi preliminari scritti tra l'Università di Roma Tor Vergata e l'istituzione esterna
- d. informare lo studente sulle procedure per il riconoscimento e la valutazione dello stage.

Al completamento dello stage lo studente dovrà obbligatoriamente produrre e consegnare al docente responsabile una relazione scritta, in cui sarà descritto il lavoro svolto, gli obiettivi iniziali ed i risultati raggiunti. Nei casi 2. e 3. in cui lo stage è svolto esternamente all'Università è anche necessario presentare un attestato che ne certifichi l'effettivo svolgimento e la durata.

La documentazione richiesta dovrà essere consegnata al docente responsabile, il quale dopo un esame-colloquio con lo studente, esprimerà un voto sul lavoro svolto e provvederà alla registrazione dello stage nell' apposito verbale.

Nel caso 1. in cui il docente responsabile dello svolgimento dello stage afferisca ad una Facoltà diversa da Scienze, egli dovrà rilasciare allo studente un attestato con cui certifica la durata dello stage, lo svolgimento dell'esame-colloquio ed il voto sul lavoro svolto. Lo studente dovrà presentare tale documento alla Segreteria Studenti della Facoltà di Scienze per il riconoscimento dei relativi crediti formativi.

### **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 Didattica 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 Didattica 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. 2010/11, 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**

*Dott. Alessandro Cianchi*

Cenni storici sullo sviluppo degli acceleratori. Moto di particelle cariche in campi elettrici e magnetici. Acceleratori circolari e lineari. Betatroni e ciclotroni. Dinamica del fascio con e senza irraggiamento. Equazione di Hill. Parametri di Twiss. Matrici di trasporto. La carica spaziale. Parametri fondamentali dei fasci di particelle. Spazio delle fasi e teorema di Liouville.

La radiazione di sincrotrone. Introduzione alla fisica dei Free Electron Laser.

La misura dei parametri di un fascio di particelle.

Problematiche inerenti l'accelerazione delle particelle. Limiti delle attuali tecniche. Cenni sulle nuove tecnologie di accelerazione: l'accelerazione a plasma.

\*\*\*\*\*

**ACUSTICA - 6 CFU***Dott. Giuseppe Pucacco*

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. Renatus Johannes Schoof*

[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. Riccardo Molle*

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. Laszlo Zsido*

Equazioni e sistemi di equazioni differenziali: Problema di Cauchy, Teorema di Esistenza e Unicità. Equazioni del primo ordine: equazioni a variabili separabili, equazione lineare del primo ordine. Equazioni lineari di

ordine  $n$  a coefficienti costanti: equazione omogenea associata, equazione secolare. Ricerca di una soluzione particolare dell'equazione non omogenea: metodo degli annihilatori, metodo della variazione delle costanti. Alcune equazioni speciali: Equazione di Eulero, Bernoulli, Riccati. Sistemi di equazioni differenziali lineari. Analisi infinitesimale per funzioni di più variabili: Integrali multipli: Formula di Fubini, Formula di cambiamento di variabile. Superfici e integrali di superficie. Formula di Green nel piano, applicazioni: Formula di Stokes, Formula di Gauss. Teoria della misura: Misura esterna sulla retta reale, condizione di misurabilità di Caratheodory, la  $\sigma$ -Algebra degli insiemi misurabili secondo Lebesgue. Funzioni misurabili, Integrale di Lebesgue. Passaggio al limite sotto il segno di integrale: Lemma di Fatou, Convergenza Monotona, Convergenza Dominata, derivazione sotto il segno di integrale. Misura di Lebesgue in  $\mathbb{R}^2$ : Teorema di Fubini-Tonelli. Spazi  $L^p$  (cenni). Elementi di analisi di Fourier: Trasformata di Fourier in  $L^1$ , Lemma di Riemann-Lebesgue. Serie di Fourier per funzioni periodiche, Disuguaglianza di Bessel in  $L^2$ . Condizioni di Dirichlet, convergenza puntuale della serie di Fourier e formula di inversione, convergenza uniforme per funzioni continue regolari a tratti. Convergenza uniforme per funzioni continue: Teorema di Fejer. Serie di Fourier in  $L^2$  (cenni), Identità di Parseval. Trasformata di Fourier nella classe di Schwarz  $S(\mathbb{R})$  costituita dalle funzioni, e in  $L^2(\mathbb{R}, dx)$ , formula di inversione, Identità di Plancherel.

\*\*\*\*\*

#### CHIMICA - 7 CFU

*Prof.<sup>ssa</sup> Maria Letizia 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. Francesco 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***Dott. Paolo Proposito*

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 1983G. Lifante, *Integrated Photonics Fundamentals*, Wiley 2003

\*\*\*\*\*

**COMPLEMENTI DI STRUTTURA DELLA MATERIA - 6 CFU***Prof. Maurizio 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 storicaS.M.Sze: *Fisica dei dispositivi a semiconduttore*C. Kittel: *Introduzione alla Fisica dello stato Solido*

\*\*\*\*\*

**ELEMENTI DI ASTROFISICA I - 6 CFU***Prof. Fausto Vagnetti*Richiede il superamento di Fisica 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 FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE - 6 CFU

*Prof.<sup>ssa</sup> Rita Bernabei*

Cenni storici. La radioattività naturale. L'ipotesi nucleare: la sezione d'urto di Rutherford. Principali caratteristiche del nucleo atomico. Unità di misura e definizioni. Proprietà generali dei nuclei. Carica. Massa: modello a goccia e formula semiempirica di Weizsacker. Carta dei nuclidi: valle di stabilità, abbondanza delle varie specie. Dimensioni: fattori di forma nucleari. Momenti magnetici. Isospin. Principali caratteristiche della forza tra nucleoni. Classificazione dei modelli nucleari. Stabilità nucleare. Reazioni nucleari. Interazione radiazione-materia. Le interazioni fondamentali e i diagrammi di Feynman. L'interazione elettromagnetica: QED. L'interazione forte: teoria di Yukawa, QCD. L'interazione debole. Classificazione delle particelle e loro principali caratteristiche: massa, vita media, modi di decadimento, numeri quantici. Leptoni e quark. Elementi sui rivelatori per la fisica nucleare e subnucleare.

\*\*\*\*\*

#### ELETTRONICA I - 6 CFU

*Prof. Roberto Messi*

eti 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.

\*\*\*\*\*

#### FENOMENI ELETTRICI NEI GAS E APPLICAZIONE AI RIVELATORI DI IONIZZAZIONE – 6 CFU

*Prof. Rinaldo Santonico*

- 1) Moto di elettroni e ioni sotto l'azione del campo. Velocità di drift
- 2) Sviluppo della valanga e modello di Townsend
- 3) Limiti di validità del modello di Townsend. Saturazione della valanga
- 4) La transizione valanga-streamer
- 5) Segnale indotto su elettrodi esterni: Carica prompt e totale
- 6) Assorbimento di UV e proprietà di quenching del gas
- 7) Rivelatori a gas: a fili, a elettrodi piani paralleli, a elettrodi piani resistivi
- 8) Risoluzione spazio-temporale. Tecniche di ToF. Centroidi di carica

9) Applicazione dei rivelatori a gas per: fisica con e senza acceleratori, rivelazione di neutroni e di gamma.

### ***Electric Phenomena in Gaseous Media and Application to the Ionization Detectors***

*Prof. Rinaldo Santonico*

- 1) *Motion of electrons and ions under the action of the electric field. Drift velocity.*
- 2) *Avalanche development. Townsend model.*
- 3) *Validity limits for the Townsend model. The avalanche saturation*
- 4) *Avalanche to streamer transition*
- 5) *Signal induction on external electrodes. Prompt and total charge*
- 6) *UV absorption and quenching of the avalanche.*
- 7) *Gaseous detectors: wire, parallel plate and resistive plate chambers*
- 8) *Time and space resolution. ToF techniques. Charge centroid.*
- 9) *Application of gaseous detectors to: accelerator and non-accelerator physics, neutron and gamma detection.*

\*\*\*\*\*

### **FISICA I - 15 CFU**

*Prof. Eugenio Coccia*

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. Rinaldo 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. Rinaldo 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. Matteo 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.<sup>ssa</sup> Silvia 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. Livio 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

*Dott. Giuseppe Consolini*

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. Riconnesione magnetica. Effetti nonlineari. Applicazioni: proprietà dei plasmi spaziali, vento solare e plasmi magnetosferici. Cenni di turbolenza magnetoidrodinamica.

\*\*\*\*\*

### FISICA DEI SISTEMI DINAMICI - 6 CFU

*Dott.<sup>ssa</sup> Alessandra Lanotte*

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. Adalberto 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. Emanuele 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. Roberto 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

*Dott. Gerardo Morsella*

Numeri reali, successioni 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, misure di probabilità. Spazi di Hilbert, operatori limitati su spazi di Hilbert, algebre  $C^*$ , rappresentazioni e stati. Rappresentazioni nella meccanica quantistica elementare, relazioni canoniche di commutazione, l'oscillatore armonico, algebre di Weyl. Momento angolare, addizione di momenti angolari, gruppo di rotazione e suo gruppo di ricoprimento, rappresentazioni a meno di una fase e coomologia. Operatori autoaggiunti non limitati, generatori di gruppi di unitari ad un parametro, Hamiltoniani, trasformazione di Cayley e estensioni autoaggiunte.

\*\*\*\*\*

#### GEOMETRIA - 12 CFU

*Prof.<sup>ssa</sup> Maria Welleda Baldoni*

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. Roberto 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.

\*\*\*\*\*

#### FONDAMENTI DI INFORMATICA - 6 CFU

*Prof.<sup>ssa</sup> Dora Giammaresi (Mutuato dal corso di Laurea Triennale in Informatica)*

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

*Dott.<sup>ssa</sup> Roberta Sparvoli*

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 pion-nucleone. 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.<sup>ssa</sup> Annalisa D'Angelo*

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. Matteo 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, RLC e doppio stadio. Esercitazioni di laboratorio. Onde elettromagnetiche: rifrazione, riflessione, interferenza. Ottica geometrica: prisma, diottra, specchio sferico. Misure con sistemi ottici centrati e strumentazione connessa. Laser. Ottica dei corpi anisotropi.

\*\*\*\*\*

#### LABORATORIO 3 - 8 CFU

*Prof. Roberto 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. Francesco 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): Metodo di Eulero, Eulero perfezionato, Eulero-Cauchy, Runge-Kutta. Generatori di numeri pseudo-casuali. Modello di crescita e mappa logistica. Automi Cellulari per la simulazione di sistemi fisici. Aritmetica modulare. Entropia di Shannon. Kernel di convoluzione. Automi 2-d. 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" , Cambridge University Press  
 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. Benedetto Scoppola*

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. Luca Biferale*

Richiede il superamento di Calcolo 2, Geometria, Fisica I, 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. Francesco Fucito*

Richiede il superamento di Meccanica Quantistica.

Spazio delle fasi, teorema di Liouville. Ensemble microcanonico. Paradosso di Gibbs.

Ensemble canonico. Ensemble gran-canonic: 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

Pathria, Statistical Mechanics

K.Huang, Statistical Mechanics

L.D.Landau, Fisica Statistica

\*\*\*\*\*

### METODI MATEMATICI DELLA FISICA - 9 CFU

*Prof. Giancarlo Rossi*

Richiede il superamento di Geometria e Calcolo 3.

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. Polinomi ortogonali. Operatore aggiunto, autoaggiunto, unitario e normale. Cenni di teoria delle distribuzioni. Serie e trasformate di Fourier.

\*\*\*\*\*

### METODI PROBABILISTICI PER LA FISICA - 6 CFU

*Dr. Gaetano Salina*

Definizione di probabilità e proprietà 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 validità 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. Probabilità 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 Monte Carlo. Algoritmi numerici: Metropolis, Dinamica di Glauber e di Kawasaki.

\*\*\*\*\*

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

*Dr. Pierluigi Belli*

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.

\*\*\*\*\*

#### NUCLEAR SCIENCES AND APPLICATIONS - 6 Cfu

*Docente da definire*

Energy and human development. Nuclear Energy: Fission and Fusion. Fissile materials and fission chain reactions. Principles of operation of a Fission Reactor: PWR and BWR. CANDU reactors with natural Uranium and Heavy water. Breeder reactors and the SuperPhoenix. Energy from Fusion. Basic conditions for a Fusion Reactor. Magnetic and Inertial confinement. The problem of Tritium supply. The Energy Amplifier. The military applications of Nuclear Energy.

Nuclear Magnetic Resonance, NMR: Nuclear Magnetization and radio frequency transitions. Nuclear relaxation. Magnetic Resonance Imaging, MRI, and its applications in medicine: excitations of the proton spin flips and detection of the de-excitation signals. Different imaging techniques.

Radio-Carbon dating. Calibration techniques for Radio-Carbon data. Detection of the radioactive decay of Carbon 14 and Accelerator Mass Spectrometry.

Hadron Therapy for cancer treatment. The effect of ionizing radiation on human tissues. Protons and Heavy Ions vs X-rays. Standard Techniques to optimize the damage to sick tissues while minimizing collateral damage to nearby organs.

The production of gamma-ray beams: Bremsstrahlung, Coherent Bremsstrahlung, Positron annihilation, Compton scattering in flight.

\*\*\*\*\*

## RADIOATTIVITÀ - 6 CFU

Prof.<sup>ssa</sup> Rita Bernabei

La radioattività: principi e applicazioni. Unità di misura. Modi di decadimento radioattivo e radiazioni associate. Legge del decadimento radioattivo. Le catene radioattive. L'equazione secolare. La statistica nelle misure di radioattività. La fissione e la fusione. L'origine degli elementi. La radioattività naturale e le radiazioni naturali. Interazione radiazione materia. Elementi sui rivelatori di radiazioni. Effetto biologico delle radiazioni. Dosimetria e unità di misura. Cenno alle norme di legge. Schermatura delle radiazioni. Misura della radioattività ambientale. Tecniche per la selezione di materiali. Tecniche di radio-datazione. Alcuni usi di radiazioni in medicina.

### **Radioactivity**

*The radioactivity: principles and applications. Units of measurements. Decay modes and associated radiations. Law of the radioactive decay. Radioactive chains. The secular equilibrium. Statistics of radioactive measurements. Fission and fusion. Origin of the elements. Natural radioactivity and natural radiations. Interaction of radiations with matter. Elements on radiation detectors. Biological effects of the radiations. Dosimetry and units of measurements. Elements on restrictions by the laws. Shielding the radiations. Measurements of environmental radioactivity. Techniques for materials selections. Radiodating techniques. Applications of radiations in medicine.*

\*\*\*\*\*

## STORIA DELLA SCIENZA - 8 CFU

Prof. Lucio 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.<sup>ssa</sup> Anna Sgarlata*Richiede il superamento di Meccanica Quantistica.

Atomi idrogenoidi in campi elettrici e magnetici. Atomi multielettronici. Metodi approssimati. Iterazione di atomi con il campo di radiazione. Struttura di molecole semplici. Moti elettronici e nucleari. Moti elettronici e nucleari. Spettri molecolari.

**TESTI CONSIGLIATI**B.H. Bransden, C.J. Joachain: *Physics of Atoms and Molecules*, Longman (1986)A. Balzarotti, M. Cini, M. Fanfoni: *Atomi, Molecole e solidi. Esercizi risolti* Springer Verlag (2004)

Appunti distribuiti a lezione

\*\*\*\*\*

**TERMODINAMICA DEI PROCESSI IRREVERSIBILI - 6 CFU***Dr. Giuseppe Consolini*

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.