

# 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.

Dall'A.A. 2013/2014 il curriculum in Fisica segue il seguente ordinamento:

### Curriculum "FISICA"

I° Anno	I° semestre			
	[B]	Mat/05	Calcolo 1	12 cfu
	[B]	Mat/03	Geometria	12 cfu
	[--]	L-lin/12	Inglese	4 cfu
	II° semestre			
	[B]	Fis/01	Fisica 1	15 cfu
	[C]	Fis/01	Laboratorio di Fisica 1	10 cfu
2° 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° semestre			
	[C]	Fis/01	Fisica 3	6 cfu
	[C]	Fis/01	Laboratorio di Fisica 2	10 cfu
	[C]	Fis/02	Meccanica Analitica	7 cfu
	[B]	Chim/03	Chimica	7 cfu

3° Anno	<b>I° semestre</b>		
[C]	Fis/O2	Meccanica Quantistica	10 cfu
[AI]	Fis/O2	Metodi Matematici della Fisica	10 cfu
[AI]	Fis/O1	Laboratorio 3	8 cfu
[AI]	---	Corso a Scelta *	6 cfu
<hr/>			
	<b>II° semestre</b>		
[C]	Fis/O3	Struttura della Materia	9 cfu
[C]	Fis/O4	Elem. di Fisica Nucleare e Subnucleare	6 cfu
[C]	Fis/O2	Meccanica Statistica	6 cfu
[AI]	---	Corso a Scelta *	6 cfu
		Prova Finale	8 cfu

Tra i corsi a scelta viene consigliato il corso di Elementi di Astrofisica.

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

I corsi a scelta saranno considerati nel calcolo della media solo se riconosciuti di carattere scientifico dal Consiglio di Dipartimento.

Gli studenti immatricolati negli anni accademici precedenti seguono l'ordinamento in vigore al momento della loro iscrizione:

3° Anno	<b>I° semestre</b>		
[C]	Fis/O2	Meccanica Quantistica	9 cfu
[C]	Fis/O2	Metodi Matematici della Fisica	9 cfu
[AI]	Fis/O1	Laboratorio 3	8 cfu
[AI]	---	Corso a Scelta *	6 cfu
<hr/>			
	<b>II° semestre</b>		
[C]	Fis/O3	Struttura della Materia	8 cfu
[C]	Fis/O4	Elem. di Fisica Nucleare e Subnucleare	6 cfu
[C]	Fis/O2	Meccanica Statistica	6 cfu
[AI]	---	Corso a Scelta *	6 cfu
		Prova Finale	8 cfu

## Curriculum "FISICA dell'ATMOSFERA e METEOROLOGIA"

I° Anno	I° semestre		
[B]	Mat/05	Calcolo 1	12 cfu
[B]	Mat/03	Geometria	12 cfu
[--]	L-lin/12	Inglese	4 cfu
<hr/>			
	II° semestre		
[B]	Fis/01	Fisica 1	15 cfu
[C]	Fis/01	Laboratorio di Fisica 1	9 cfu
[ASL]	---	Corso a Scelta	6 cfu
<hr/>			
2° 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
<hr/>			
	II° semestre		
[C]	Fis/01	Fisica 3	6 cfu
[C]	Fis/01	Laboratorio di Fisica 2	9 cfu
[C]	Fis/02	Geofluidodinamica	9 cfu
[B]	Chim/03	Chimica	7 cfu
<hr/>			
3° Anno	I° semestre		
[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
<hr/>			
	II° semestre		
[C]	Fis/03	Struttura della Materia	8 cfu
[C]	Fis/04	Elem. di Fisica Nucleare e Subnucleare	6 cfu
[AI]	Fis/06	Climatologia	9 cfu
		Prova Finale	7 cfu

**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 1 (\*) (8 cfu - Mutuato dal Corso di Laurea in Matematica)

Fisica

SSD Fis/04 Acceleratori di Particelle (\*)

SSD Fis/01 Acustica (\*) - Mutuato dal Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per i Media

SSD Fis/03 Complementi di Ottica (\*) - Mutuato dal Corso di Laurea in Scienza dei Materiali

SSD Fis/05 Elementi di Astrofisica (\*)

SSD Fis/01 Elettronica 1 (\*)

SSD Fis/03 Fisica dei Plasmi (\*)

SSD Fis/07 Fisica Biologica 1 (\*)

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

SSD Fis/07 Fisica Medica (\*)

SSD Fis/02 Fisica Teorica 1 (\*)

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

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

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

SSD Fis/04 Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare

SSD Fis/05 Laboratorio di Gravitazione

SSD Fis/03 Materiali e Fenomeni a Basse Temperature

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

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

SSD Fis/01 Misure ed Analisi di Biosegnali - (*Measurement and Analysis of Biosignals*) \*

SSD Fis/04 Nuclear Sciences and Applications

SSD Fis/04 Radioattività (*Radioactivity*)

SSD Fis/05 Relatività e Cosmologia 1

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

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

Chimica

SSD Bio/10 Chimica Biologica (\*) (9 cfu)

SSD Chim/02 Chimica Fisica con Laboratorio (\*) (9 cfu)

Biologia

SSD Bio/18 Genetica di Base e Tecnologie Genetiche (\*) (!) (7 cfu)

(\*) 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 2014. Per motivi organizzativi, lo studente deve prenotarsi on-line entro il 4 settembre 2014 collegandosi al sito <http://delphy.uniroma2.it>

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. Per coloro che non avranno superato il test o per coloro che si immatricolano più tardi, si farà un ulteriore test a dicembre, con prenotazione on-line entro il 10 dicembre 2014 collegandosi al sito <http://delphy.uniroma2.it>

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 (<http://www.testingressoscienze.org/>).

Per ulteriori informazioni consultare il sito

<http://www.scienze.uniroma2.it/wp-content/uploads/2014/07/AVVISO-TRIENNALI-SCIENZE-20141.pdf>

### **Curricula e Piani di Studi**

Al termine del I anno di corso gli studenti devono segnalare, alla Segreteria Didattica del Corso di Studi (CdS), quale curriculum intendono seguire.

Gli studenti che seguono gli ordinamenti degli studi proposti dal Consiglio di Dipartimento (CdD) **non hanno** l'obbligo di presentare un piano di studio.

Negli ordinamenti degli studi proposti due esami sono a scelta libera dello studente, per un totale di 12 cfu. Si suggerisce di scegliere questi esami tra gli esami dell'elenco a pag. 4 e 5.

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

Si precisa che gli studenti potranno scegliere anche un numero diverso di corsi a scelta libera 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 CdD per l'approvazione e potrà essere successivamente modificato dallo studente, previa nuova approvazione del CdD.

### **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 Coordinatore del CdS, 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 un Dipartimento diverso dal Dipartimento di Fisica, 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 Macroarea 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 Macroarea 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 CdS (Macroarea di Scienze) con il nome del docente relatore ed il titolo della tesi.

1. La relazione scritta dovrà essere consegnata alla Segreteria Didattica del CdS 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.

La valutazione finale della commissione potrà essere fino a 7/110 più alta della media dei voti riportati negli esami.

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 CdD.

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 1 - 6 CFU***Prof. Renatus Johannes Schoof*

[Programma di Algebra 1 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 1 - 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: Teorema di Fubini, Formula di cambiamento di variabile. Superfici e integrali di superficie. Formula di Green nel piano, applicazioni. Formula di Stokes. Formula di Gauss (il teorema della divergenza).

Serie di Fourier: coefficienti di Fourier, serie di Fourier, somme parziali e somme di Fejér, Lemma di Riemann-Lebesgue, Disuguaglianza di Bessel. Criteri di convergenza puntuale per le serie di Fourier delle funzioni regolari a tratti: convergenza puntuale e casi di convergenza uniforme. La convergenza in media quadratica, Identità di Parseval.

Trasformate di Fourier: la trasformata di Fourier come caso limite della serie di Fourier. La formula di inversione e l'identità di Plancherel. La trasformazione di Fourier nella classe delle funzioni infinitamente differenziabili a decrescenza rapida (la classe di Schwartz  $S(\mathbb{R})$ ).

Elementi dell'integrazione secondo Lebesgue (cenni): funzioni semicontinue e la loro integrazione, definizione dell'integrabilità secondo Lebesgue, insiemi misurabili secondo Lebesgue, teoremi di convergenza, lo spazio delle funzioni integrabili e lo spazio delle funzioni a quadrato integrabile, Teorema di Fubini-Tonelli. L'identità di Parseval nell'ambito dell'integrazione secondo Lebesgue.

\* \* \* \* \*

## CLIMATOLOGIA - 9 CFU

*Dott. Federico Fierli*

Introduzione al sistema climatico terrestre. Spettro di corpo nero: limite classico e implicazioni per la radiazione terrestre.

- Modello OD: Bilancio radiativo con riferimenti ai pianeti solari. Modelli semplificati di bilancio energetico: interazione albedo-temperatura e paradosso del giovane sole debole. Stabilità, instabilità e processi di retroazione.

Variabilità paleoclimatica, processi di glaciazione, "snowball earth". Metodi di datazione isotopica e

ricostruzione di serie temporali. Ruolo climatico delle nubi e della convezione.

- Modelli 1D: Equazione del trasferimento radiativo, modello "grey gas", effetto serra a valanga, atmosfera assorbente nell'ultravioletto. Proprietà spettrali dell'atmosfera. Bilancio energetico atmosferico. Entropia nel sistema climatico. - Cenni di circolazione oceanica e processi di scambio oceano-atmosfera. Bilancio energetico accoppiato oceano-atmosfera. Trasporto di energia e ciclo dell'acqua.

Bilancio energetico e radiativo osservati.

- Biosfera e cicli biogeochimici. Gas a effetto serra e interazione dinamica-chimica. Il ciclo del carbonio oceanico e processi di acidificazione. Ciclo dell'ossigeno e dell'azoto in atmosfera e ruolo climatico dell'ozono stratosferico.

Il corso include esercizi da svolgere in classe ed una serie di esercitazioni di calcolo numerico e di analisi di dati per approfondimento dei punti svolti a lezione

\* \* \* \* \*

#### CHIMICA - 7 CFU

*Dott.ssa Silvia Orlanducci*

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 (Mutuato dal corso di Laurea in Scienza dei Materiali)*

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

\* \* \* \* \*

#### ELEMENTI DI ASTROFISICA - 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. Esperimenti di diffusione. Sezioni d'urto. Coefficiente di assorbimento, lunghezza di attenuazione e cammino libero medio. Sezione d'urto totale, elastica, inclusiva ed esclusiva. Luminosità e sezione d'urto per esperimenti con fasci incrociati. Sezioni d'urto differenziali. I modelli atomici e l'esperimento di Rutherford. La sezione d'urto di Rutherford. Il protone e le trasmutazioni nucleari. La scoperta del neutrone. Proprietà generali dei nuclei. Nuclei isotopi, isotoni, isobari. Dimensioni di atomi, nuclei e particelle. Fattori di forma. La dimensione e la forma dei nuclei. Raggio nucleare. Masse dei nuclei. Lo spettrometro di massa; spettrometro tipo Bainbridge. Parità dei nuclei. Momenti Magnetici dei Nucleoni. Il formalismo dello spin isotopico. Energia di legame per nucleone. Formula di Weizsacker. Abbondanza dei Nuclidi. Stabilità. Decadimenti radioattivi. Legge del decadimento radioattivo. Rapporto di diramazione. Il decadimento  $\alpha$ ; cinematica del decadimento  $\alpha$  e cenni alla teoria di Gamow. Il decadimento  $\beta$  e violazione della parità nelle interazioni deboli: l'esperimento di Wu. La cattura elettronica. L'emissione  $\gamma$ . La conversione interna. L'isomerismo. Gli equilibri radioattivi. Le famiglie radioattive. Cinematica relativistica: principio di relatività; quadrivettori e trasformazioni di Lorentz; composizione delle velocità: il quadrivettore energia-impulso; massa invariante; sistemi del laboratorio e del centro di massa; energia di soglia di una reazione; trasformazione degli angoli; decadimento in due corpi. Elementi sulle reazioni nucleari. Bilancio energetico:  $Q$  della reazione. Misura di sezione d'urto. Reazioni a stato finale multiplo. Diffusione elastica. Reazioni senza proiettile (decadimento). Modelli nucleari a Interazione Forte e a Particelle Indipendenti. Potenziali nucleari. Modello a goccia. Modello a gas di Fermi. Numeri magici. Modello a Shell. Nuclei doppiamente magici. La fissione e la fusione

nucleare. Interazione radiazione-materia: diminuzione di intensità e perdita di energia. Interazione delle particelle cariche con la materia: Perdita di energia per ionizzazione, perdita di energia per irraggiamento (Bremsstrahlung). Il *range*. Il fenomeno dello *scattering* multiplo. Il fenomeno dello *Straggling* energetico. Effetto Čerenkov. Interazione della radiazione elettromagnetica: Diffusione Compton, Effetto fotoelettrico, Produzione di coppie. Coefficiente di attenuazione lineare e massico. Cammino libero medio. Strato emivalente e decivalente. Interazione dei neutroni con la materia. Energia perduta dai neutroni nell'urto elastico. Elementi sui rivelatori per la fisica nucleare e subnucleare: caratteristiche generali, emulsioni, rivelatori a gas, rivelatori Čerenkov, scintillatori, rivelatori a semiconduttore. Criteri di scelta di un rivelatore.

Bibliografia: B. Povh, K. Rith, C. Scholz e F. Zetsche, Particelle e Nuclei, (Bollati Boringhieri, 1998) K.S. Krane, Introductory Nuclear Physics (John Wiley, 1988) B.R. Martin, Nuclear and Particle Physics (John Wiley, 2006) E. Segrè, Nuclei e particelle (Zanichelli, 1982)

D. H. Perkins, Introduction to high energy physics (Cambridge Univ. Press, 2000) R.W. Leo, Techniques for nuclear and particle physics experiments (Springer-Verlag, 1987)

\* \* \* \* \*

#### ELETTRONICA 1 - 6 CFU

*Prof. Roberto Messi*

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 1 - 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. Giovanni Carboni*

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.ssa Fulvia Patella*

Oscillazioni elettriche. Fenomeni ondulatori: onde nei solidi, nei liquidi, nei gas. Onde elettromagnetiche. Riflessione e rifrazione delle onde. Interferenza. Diffrazione. Ottica geometrica e strumenti ottici.

\* \* \* \* \*

### FISICA BIOLOGICA 1 - 6 CFU

*Prof.ssa 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: replicazione, 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

*dott. Arturo Moleti*

Osservare il cervello in azione. Brevi cenni di imaging cerebrale. Indagini anatomiche e funzionali. Tecniche non invasive per l'osservazione della attività cerebrale: limiti e prospettive. Cenni di: TAC, PET, MRI, EEG, MEG. I segnali elettrofisiologici (EEG & MEG), generazione, tecniche di misura e di analisi (paradigmi, SNR, media, morfologia, latenza, tecniche nel dominio del tempo e della frequenza, cenni di analisi non lineari). Mappe cerebrali e loro dinamica. Localizzazione delle attività primarie. Verranno illustrati esempi tratti dalla recente letteratura. Verranno quindi forniti agli studenti dei dati elettrofisiologici da analizzare e sui quali svolgere una relazione che costituirà base fondamentale dell'esame.

\* \* \* \* \*

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

\* \* \* \* \*

#### FISICA DEI SISTEMI DINAMICI - 6 CFU

*Prof. Roberto Benzi*

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. Matteo Cirillo*

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 1 - 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

*Prof. Livio Triolo*

La meccanica ondulatoria e qualche applicazione. La geometria degli spazi funzionali e operatori lineari. Spazi di Hilbert, operatori limitati su spazi di Hilbert, il teorema spettrale per operatori compatti e limitati autoaggiunti. Operatori non limitati. Elementi di analisi asintotica e il limite semiclassico.

\* \* \* \* \*

## 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*Richiede il superamento di Elementi di Fisica Nucleare e Subnucleare.

Concetti fondamentali in Fisica delle particelle. Decadimenti; Breit-Wigner. Stati eccitati e risonanze. Sezione d'urto.

Cinematica relativistica Trasformazioni di Lorentz.

Principi di invarianza e leggi di conservazione.

Interazioni e campi nella fisica delle particelle: teoria di Yukawa. Concetto di propagatore.

Interazioni elettromagnetiche. Fattori di forma dei nucleoni. Scattering anelastico ad alta energia ed il modello a partoni.

Diffusione elettromagnetica di leptoni. Validità della QED.

Interazioni deboli: il decadimento debole, decadimento beta, grafici di Kurie. Non conservazione della parità nelle interazioni deboli. Neutrini ed antineutrini. Elicità dei neutrini. Oscillazione dei neutrini.

Teoria V - A. L'interazione universale di Fermi. Teoria di Cabibbo.

Il sistema  $K^0$ -anti $K^0$ . Violazione di CP nel decadimento del  $K_L$ .

Interazioni forti. Modello a quark. Teoria del colore e cromodinamica quantistica. Mesoni e barioni come stati legati di quark .

Il modello Standard: cenni



Antimateria primordiale nell'Universo. Asimmetria Materia ed Antimateria. Condizioni di Sakarov. Materia Oscura. Energia Oscura.

\* \* \* \* \*

#### LABORATORIO DI FISICA 1 - 10 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 - 10 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, diottro, 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

\* \* \* \* \*

## LABORATORIO DI GRAVITAZIONE - 6 CFU

*Prof. Massimo Bassan*

- Gravità Newtoniana: misure e possibili violazioni. Multipoli-J<sub>2</sub> del sole. Principio di Equivalenza debole e forte: esperimento di Eotvos, forze di marea. Position e Lorentz Invariance. Relatività Generale (GR) in approssimazione lineare-limite newtoniano-PPN. Campo di massa sferica in GR: 5 verifiche classiche. Pulsar binarie come laboratori di GR. Onde gravitazionali in GR: quadrupolo oscillante e rotante, sorgenti, rivelatori terrestri e spaziali. Cenni sul gravitomagnetismo e sua rivelazione.

- Attività di laboratorio: misura di G con una bilancia di Cavendish commerciale. Proposte per modificare l'apparato e migliorare la misura (precisione, sensibilità, accuratezza). Misure con pendoli di torsione.

\* \* \* \* \*

## MATERIALI E FENOMENI A 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'<sup>4</sup>He. Modello a due fluidi per <sup>4</sup>He. Fononi e rotoni. Fluidodinamica dell'<sup>4</sup>He. Refrigeratore a diluizione <sup>3</sup>He e <sup>4</sup>He. Superfluidità dell'<sup>3</sup>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.

\* \* \* \* \*

## MECCANICA ANALITICA - 7 CFU

*Prof. Benedetto Scoppola*

Richiede il superamento di Calcolo 2 e Fisica 1

Equazioni di Lagrange. Formulazione variazionale. Simmetrie e costanti del moto. Equazioni di Hamilton. Integrità, 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 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

*Dott. Mauro Sbragaglia*

Richiede il superamento di Meccanica Quantistica.

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

Pathria, Statistical Mechanics

K.Huang, Statistical Mechanics

L.D.Landau, Fisica Statistica

\* \* \* \* \*

#### METODI MATEMATICI DELLA FISICA - 9 CFU

*Dott. Roberto Frezzotti*

Richiede il superamento di Geometria e Calcolo 3.

Funzioni analitiche di variabile complessa. Teoremi di Cauchy. Sviluppi in serie di Taylor e di Laurent. Continuazioni analitiche. Teorema dei residui e sua applicazione al calcolo di integrali. Funzioni monodrome e polidrome. Sviluppi in serie di Laurent di funzioni polidrome. Cenni sulle distribuzioni. Spazi vettoriali ad un numero finito di dimensioni: vettori e operatori lineari. Diseguaglianze notevoli in spazi lineari metrici. Polinomi ortogonali. Autovalori e autovettori. Rappresentazione spettrale e funzioni di operatori. Operatore aggiunto, autoaggiunto, unitario e normale. Diagonalizzabilità di operatori. Formule di Baker-Campbell-Hausdorff.

## Testi consigliati

1) F. Calogero, "Metodi matematici della Fisica", dispense dell' Istituto di Fisica G. Marconi, Università di Roma La Sapienza, anno accademico 1973/74:

<http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/web disp/dl/index.html>

2) E. Onofri, "Lezioni sulla teoria degli operatori lineari":

<http://www.fis.unipr.it/~enrico.onofri/MMFbook.pdf>.

3) C. Rossetti, Metodi Matematici della Fisica, ed. Levrotto & Bella,

<http://www.libreriauniversitaria.it/metodi-matematici-fisica-rossetti-cesare/libro/9788882180607>

\* \* \* \* \*

## METODI PROBABILISTICI PER LA FISICA - 6 CFU

*Dott. 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 Montecarlo. Algoritmi numerici: Metropolis, Dinamica di Glauber e di Kawasaki.

\* \* \* \* \*

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

*Dott. 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.

\* \* \* \* \*

## MISURE ED ANALISI DI BIOSEGNALI - 6 CFU

*Dott. Arturo Moleti*

Segnali deterministici e stocastici. Sistemi lineari e non lineari. Analisi di Fourier, risposta in frequenza di un sistema lineare. Analisi di serie temporali discrete. Analisi tempo-frequenza (STFT, Wavelets, Matching Pursuit). Inferenza statistica, sensibilità e specificità di test diagnostici. Trasduttori ed elettrodi. Rumore ed interferenza, amplificatory bioelettrici. ECG, EMG ed EEG. Modelli matematici ed esperimenti: un esempio di ricerca applicata: biofisica del sistema uditivo, meccanica cocleare e misura di emissioni otoacustiche

**Measurement and Analysis of Biosignals**

*Deterministic and stochastic signals. Linear and nonlinear systems. Fourier Analysis, frequency response of a linear system. Analysis of discrete time series. Time-frequency Analysis (STFT, Wavelets, Matching Pursuit). Statistical inference, sensitivity and specificity of diagnostic tests. Transducers and electrodes. Noise and interference, bioelectric amplifiers. ECG, EMG and EEG. Mathematical models and experiments: an example of applied research: biophysics of the auditory system, cochlear mechanics and measurement of otoacoustic emissions.*

\* \* \* \* \*

**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.*

\* \* \* \* \*

**RELATIVITÀ E COSMOLOGIA 1 - 6 Cfu**

Prof. Nicola Vittorio

Il principio di equivalenza. Campi gravitazionali deboli. Moto geodetico. Significato fisico della metrica. Arrossamento delle righe spettrali. Forze inerziali. Tensori. Derivazione covariante. Il tensore di Riemann-Christoffel. Equazione di campo nel vuoto. Il tensore energiaimpulso. Equazione di campo in presenza di materia. Leggi di conservazione. La soluzione di Schwarzschild. Coordinate isotrope. Moto planetario. Deflessione della luce. L'espansione di Hubble.

La radiazione cosmica di fondo. La metrica di Friedman-Robertson-Walker. Nucleosintesi primordiale degli elementi leggeri. Il problema della distanza in Cosmologia. Il modello standard in cosmologia e gli scenari inflazionari.

**Relativity and Cosmology 1**

*Fundamentals of general relativity and gravitational physics. Schwarzschild solution. Gravitational collapse. Black holes. Gravitational waves. Cosmic geometry, kinematics and dynamics, FRW models. Black body and thermodynamic equilibrium. Cosmic radiation background. Primordial nucleosynthesis.*

\* \* \* \* \*

**SENSORI ED APPLICAZIONI - 6 CFU**

*Mutuato da Ingegneria*

Forme di energia e loro trasformazione. Sensori e rivelatori. Sensori per grandezze di tipo fisico. Sensori di radiazione. Matrici di sensori e deconvoluzione. Elettronica per sensori. Il rumore nei dispositivi. Amplificatori a basso rumore.

\* \* \* \* \*

**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*

Fisica Atomica: Atomi a un elettrone: Correzioni di Struttura Fine, Iperfine e Interazione con Campi Elettrici e Magnetici esterni. Interazione di atomi idrogenodi con il campo di radiazione elettromagnetica. Atomo a due elettroni: stato fondamentale e stati eccitati. Atomi a molti elettroni: approssimazione di Campo Centrale e Metodo di Hartree Fock. Fisica Molecolare: Approssimazione di Born-Oppenheimer. Moti elettronici e nucleari. Spettri Molecolari Rotazionali e Vibrazionali. Spettri Elettronici Molecolari e Principio di Frank Condon.

**TESTI CONSIGLIATI**

- B.H. Bransden, C.J. Joachain: "Physics of Atoms and Molecules", Longman (1986)
- Atkins, Friedamn "Meccanica Quantistica Molecolare" , Ed. Zanichelli

- A. Balzarotti, M. Cini, M. Fanfoni: "Atomi, Molecole e Solidi"  
Springer Ed. Esercizi risolti. Collana: ISBN 978-88-470-0270-8

\* \* \* \* \*

#### TERMODINAMICA DEI PROCESSI IRREVERSIBILI - 6 CFU

*Dott. 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.