

PROGRAMMI INSEGNAMENTI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA a.a. 2011/12

ASTROFISICA RELATIVISTICA

(Titolare: Prof. TUROLLA ROBERTO)

Periodo: I anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Titolo: Astrofisica Relativistica

SSD: FIS/05

CFU: 6

Prerequisiti : relativita' speciale, elettrodinamica (esami Elettrodinamica, Istituzioni di Astrofisica e Cosmologia)

Obiettivi specifici: Scopo del corso e' di fornire agli studenti una panoramica delle proprieta' osservative e della modellistica delle Sorgenti Compatte Galattiche di raggi X.

Contenuto dell'attivita' formativa :

Oggetti Compatti. Fasi finali dell'evoluzione stellare. Core-collapse supernovae. Nane bianche, stelle di neutroni e buchi neri.

Complementi di Relativita' Generale. Metrica esterna di Schwarzschild e sue proprieta'. Moto geodetico in Schwarzschild. Metrica interna di Schwarzschild, strutture in equilibrio idrostatico. Metrica di Kerr (cenni).

Gas degeneri. Statistiche quantistiche (richiami). Equazioni di stato per un gas completamente degeneri; limite non-relativistico e ultra-relativistico. Massa di Chandrasekhar.

Interazione radiazione-materia. Campo di radiazione. Emissione, assorbimento, scattering. L'equazione del trasporto radiativo.

Spessore ottico. Soluzioni particolari dell'equazione del trasporto: diffusione e free-streaming. Principali meccanismi radiativi (electron scattering e free-free).

Accrescimento su oggetti compatti. Oggetti compatti isolati ed in sistemi binari. Geometria di Roche. Accrescimento wind- e

Roche lobe-fed. Efficienza, limite di Eddington. Accrescimento sferico. Soluzione di Bondi-Hoyle. Dischi di accrescimento. Il modello standard (alpha-disc). Spettro di radiazione per gli alpha-disc. Stelle di neutroni. Neutronizzazione. Configurazioni di equilibrio.

Il diagramma massa-raggio. Struttura interna di una stella di neutroni.

Campo magnetico e rotazione. Magnetosfera, cilindro di luce. Correnti di Goldreich-Julian. Raggio di Alfvén. Frenamento magneto-rotazionale.

Evoluzione del periodo. Stima del campo magnetico e dell'eta'. Il diagramma P-Pdot.

Raffreddamento delle stelle di neutroni. Neutrino cooling: URCA e modified URCA. Cooling radiativo. Curve di cooling.

Esercizi: 6-8 h

COSMOLOGIA

(Titolare: Prof. MATARRESE SABINO)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

Prerequisiti : Istituzioni di Fisica Nucleare

Contenuto dell'attivita' formativa :

Equazioni di Friedmann da equazioni di Einstein per la metrica di Robertson-Walker

Dinamica dell'inflazione: cenno ai vari modelli

Perturbazioni dall'inflazione: fluttuazioni quantistiche dell'inflatone, perturbazioni di densità

Equazione di Boltzmann e ricombinazione dell'idrogeno: oltre l'equazione di Saha

Equazione di Boltzmann nell'Universo perturbato: la funzione di distribuzione dei fotoni

Trattazione dei termini di collisione

Equazione di Boltzmann per i fotoni in approssimazione lineare

Equazione di Boltzmann per la materia oscura fredda (CDM) in approssimazione lineare

Equazione di Boltzmann per i barioni in approssimazione lineare

Equazione di evoluzione per la funzione di brightness dei fotoni Θ

Equazioni di Einstein perturbate al prim'ordine (perturbazioni scalari)

Condizioni iniziali

Trattazione statistica delle perturbazioni: lo spettro di potenza

Spettro di potenza e funzione di correlazione: il teorema di Wiener-Khintchine

Proprietà dello spettro di potenza e filtraggio

Evoluzione su scale super-horizon

Oscillazioni acustiche e limite di tight coupling

Free-streaming – ruolo della visibility function

Cenni sull'evoluzione dei potenziali gravitazionali e Silk damping

Espressione per i multipoli dell'anisotropia in temperatura $\delta T/T$

Spettro angolare dell'anisotropia in temperatura ed effetto Sachs-Wolfe su grande scala

Piccole scale angolari: picchi acustici (cenni sul ruolo dei parametri cosmologici)

Materia oscura: classificazione

L'equazione di Boltzmann per i relitti cosmici

Calcolo dell'abbondanza e densità attuale per HDM e CDM

Instabilità di Jeans nell'Universo statico (breve richiamo)

Instabilità gravitazionale nell'Universo in espansione

Sistema di particelle non collisionali e limite di fluido

Approssimazione di Zel'dovich

Approssimazione dell'adesione

Cenni sulle tecniche N-body

Il clustering delle galassie: premessa generale

Funzioni di correlazione ad N punti spaziali: teoria ed osservazioni

Altre tecniche di analisi statistica

Struttura della verifica di profitto : Scritta

Testi di riferimento :

P. Coles & F. Lucchin "Cosmology: The Origin and Evolution of Cosmic Structure", Wiley, Chichester 2001

S. Dodelson, "Modern Cosmology", Academic Press, Amsterdam 2003

Ausili didattici :

Fotocopie appunti di lezione su:

- Derivazione relativistica delle eq. di Friedmann
- Inflazione
- Cosmic Microwave Background
- Gravitational Instability in the Expanding Universe

ELETTRONICA APPLICATA

(Titolare: Dott. COLLAZUOL GIANMARIA)

Periodo: I anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Contenuto dell'attività formativa :

Amplificatori Operazionali, Controreazione di Tensione, Concetto di Massa Virtuale, Impedenza d'Ingresso e Uscita, Connessioni Varie, Uso della Controreazione Positiva, Generatori di Corrente Controllati, Generatori di Tensione, Amplificatori per strumentazione, Rumore all'Ingresso di un Operazionale. Risposta in Frequenza, Criterio di Stabilità, Amplificatori di Radeka, Formatura del Segnale, Conversione A/D

Struttura della verifica di profitto : Scritta, Orale

FISICA ASTROPARTICELLARE

(Titolare: Prof. MASIERO ANTONIO)

Periodo: II anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

Prerequisiti : Per meglio seguire il corso e' consigliabile di seguire prima un corso di teoria dei campi e di cosmologia. Va detto che, comunque, tenuto conto che si tratta di un corso tipicamente "interdisciplinare" non si considerano dei prerequisiti indispensabili particolari conoscenze particellari o cosmologiche.

Contenuto dell'attività formativa :

- 1) Richiamo e discussione critica dei Modelli Standard di fisica delle particelle e della cosmologia e cenni a nuova fisica al di là del modello standard particellare.
- 2) Fisica del neutrino (introduzione)
- 3) Tecniche di fisica underground
- 4) Catena PP e ciclo CNO (neutrini solari)
- 5) Reazioni fondamentali di nucleosintesi stellare a bassa energia
- 6) Neutrini solari ed atmosferici: tecniche di rivelazione e risultati, Cenni di neutrini da reattori e da acceleratori.
- 7) Interpretazione dei dati sui neutrini solari e atmosferici: oscillazione dei neutrini (nel vuoto e nella materia)
- 8) Neutrini da Supernovae
- 9) Materia oscura: evidenze osservative
- 10) Candidati particellari di materia oscura
- 11) Ricerca diretta di materia oscura. Ricerche indirette di materia oscura
- 12) Cenni sulla problematica dell'energia oscura
- 13) Asimmetria materia-antimateria cosmica: bariogenesi e leptogenesi

Struttura della verifica di profitto : Scritta

FISICA BIOLOGICA

(Titolare: Prof. SENO FLAVIO)

Periodo: I anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Obiettivi formativi : Il corso si propone di illustrare agli studenti alcune delle più stimolanti culturali e scientifiche poste dalla biologia moderna e di mostrare loro come i metodi fisici possano permettere di dare risposte e di sviluppare nuovi modelli e nuove teorie

Contenuto dell'attività formativa :

Cenni di teoria dei polimeri

Importanza di catene polimeriche in biologia. Meccanismi di flessibilità nei polimeri. Modelli di catene ideali. Uso di tecniche di scattering per misurare la dimensione di biopolimeri. Fattore di forma. Misure a basso angolo. Funzione di Debye. Effetto di volume escluso.

Forze intermolecolari e calcolo delle conformazioni di un biopolimero

Origine elettrica delle energie di interazione. Interazioni tra cariche e dipoli permanenti Dipoli indotti. Potenziale di Lennard-Jones.

Legame idrogeno. Legami di valenza. Potenziali torsionali Strutture ad elica. La transizione helix-coil. Modello di Zimm e Bragg

Acidi nucleici e proteine

Il dogma centrale della biologia. Struttura primaria del DNA. La struttura a doppia elica.

Polimorfismo .Proprietà del DNA circolare.

Elettroforesi. Flessibilità del DNA. La transizione di denaturazione. Struttura del RNA. Pseudonodi. Amminoacidi e struttura primaria delle proteine. Strutture secondarie e struttura terziaria. Interazioni intramolecolari. Termodinamica dell'unfolding. Teorie del folding.

Spettroscopia Raman. Depolarizzazione di fluorescenza. Scambio di protoni. Raggi X e fattori di temperatura. Fotolisi flash. Tecnica dei flussi bloccati. Tecnica dei balzi di temperatura.

Moto Browniano

Variabili casuali. Processi stocastici. Funzione di autocorrelazione. Moto browniano e coefficienti di diffusione. Leggi di Fick. Diffusione rotazionale. Equazione di Langevin. Moto browniano con forze esterne. Fenomeni di trasporto. Sedimentazione. Elettroforesi.

Biopolimeri in potenziali elettrochimici.

Cambi conformazionali.

Cinetiche di cambi conformazionali. Reazioni accoppiate. Reazioni bimolecolari controllate dalla diffusione. Rilassamento chimico.

Reazioni a molti steps. Attraversamento di una barriera di potenziale. Teoria del complesso attivato. Teoria di Eyring. Teoria di Kramer.

Dalla permeabilità cellulare alle neuroscienze

Canali ionici. Potenziali di Nerst e di Donnan. Tecnica del Patch-clamping. Potenziali elettrochimici. Le equazioni di Goldman-Hodgkin-Katz. Teoria dei cavi ed applicazioni ai neuroni. Integrazioni sinaptiche. Il potenziale di azione. Le equazioni di Hodgkin-Huxley.

Struttura della verifica di profitto : Orale

Testi di riferimento :

M. Daune "Molecular Biophysics: Structures in motion" Oxford University Press 1999

M. B. Jackson "Molecular and cellular biophysics" Cambridge University Press 2006

FISICA DEI FLUIDI E DEI PLASMI

(Titolare: Dott. BOLZONELLA TOMMASO)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

Obiettivi formativi : Il corso presenta, ad un livello avanzato, alcuni tra i principali elementi della fisica dei plasmi e dei fluidi neutri. Il corso ha carattere generale ed interdisciplinare, trattando di sistemi presenti in molteplici ambienti naturali e di laboratorio.

Contenuto dell'attività formativa :

Il corso presenta, ad un livello avanzato, alcuni tra i principali elementi della fisica dei plasmi e dei fluidi neutri. Il corso ha carattere generale ed interdisciplinare, e vuole fornire gli strumenti per entrare in contatto con problematiche comuni a molteplici sistemi naturali e di laboratorio quali per esempio la turbolenza e i fenomeni di riconnessione magnetica.

Introduzione generale: fluidi e plasmi in natura ed in laboratorio. Caratteristiche e limiti delle teorie per la descrizione di fluidi e plasmi.

Fluidi neutri: l'equazione di Boltzmann; le equazioni dei momenti e la derivazione della fluidodinamica. Proprietà dei fluidi ideali e derivazione macroscopica delle equazioni della fluidodinamica. Teoria lineare delle instabilità. L'approccio perturbativo. Applicazioni a plasmi astrofisici.

Plasmi: proprietà fondamentali ed esempi in natura e laboratorio. Dinamica di un sistema di molte particelle cariche. Equazione cinetica per un plasma. Dall'equazione di Vlasov al modello a due fluidi. Il modello a fluido unico: MHD ideale e resistiva. Processi collisionali nei plasmi. Diffusione e trasporto.

Esempi di instabilità MHD. Teoria delle topologie magnetiche: riconnessione magnetica, il modello di Sweet-Parker. L'elicità magnetica ed il teorema di Woltjer. La generazione del campo magnetico: l'effetto dinamo. Dinamo cinetica e dinamo MHD. Esempi di dinamo in astrofisica e laboratorio.

Turbolenza. Turbolenza idrodinamica. La teoria di Kolmogorov. Turbolenza MHD e variabili di Elsässer. Intermittenza. Esempi da plasmi astrofisici e di laboratorio.

Struttura della verifica di profitto : Orale

FISICA E TECNOLOGIA DEI SEMICONDUTTORI

(Titolare: Dott. DE SALVADOR DAVIDE) Insegnamento mutuato dalla Laurea magistrale in Scienze dei materiali

FISICA DELLA FUSIONE NUCLEARE ED APPLICAZIONE DEI PLASMI

(Titolare: Dott. MARTINES EMILIO)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

Prerequisiti : Knowledge of basic electromagnetism

Obiettivi formativi : La prima parte del corso si propone di fornire una panoramica delle tematiche relative al possibile utilizzo della fusione termonucleare controllata come fonte di energia. La trattazione sarà focalizzata sul metodo del "confinamento magnetico", che è quello utilizzato nell'ambito del Programma Fusione Europeo. Nella seconda parte verranno fornite le basi della fisica dei plasmi di bassa temperatura utilizzati nelle applicazioni industriali, e verranno illustrate alcune di tali applicazioni.

Contenuto dell'attività formativa :

Prima parte: La questione energetica all'interno del problema di uno sviluppo sostenibile. Breve panoramica sulle fonti di energia e sul loro impatto ambientale. Il problema del picco dell'offerta

petrolifera mondiale (picco di Hubbert). La fusione nucleare: principali processi, sezioni d'urto, reattività. Bilancio energetico di un reattore a fusione, break-even, ignizione. Confinamento magnetico e confinamento inerziale. Configurazioni toroidali per il confinamento magnetico. Il tokamak. Schema concettuale del reattore. Equilibrio MHD in geometria cilindrica, z-pinch, screw-pinch. Equilibrio MHD in geometria toroidale, funzioni di flusso, equazione di Grad-Shafranov. Fattore di sicurezza, beta toroidale e poloidale. Limiti operativi del tokamak: diagramma di Hugill, limite di Greenwald, limite di beta.

Leggi di scala del tempo di confinamento, modo L e modo H. Riscaldamento del plasma: ohmico, con fasci di neutri, con radiofrequenza. Regione esterna del plasma, concetti di limiter e divertore. Configurazioni toroidali alternative: stellarator e RFP. Stato della ricerca sulla fusione: il progetto ITER. Sicurezza e impatto ambientale del reattore a fusione. Rischi di proliferazione.

Seconda parte: Introduzione alle applicazioni dei plasmi. Tubo a bassa pressione e sua caratteristica tensione-corrente. Primo coefficiente di Townsend, caratteristica della scarica di Townsend, punto di Stoletow. Emissione secondaria, innesco della scarica a bagliore. Emissione termoionica, arco elettrico. Strato di Debye, criterio di Bohm, potenziale flottante. Sonda di Langmuir e suo utilizzo per la misura delle proprietà del plasma. Modello del diodo piano, legge di Child-Langmuir. Scariche a radiofrequenza, accoppiamento induttivo e capacitivo. Scariche a microonde. Cenni sui plasmi a pressione atmosferica. Applicazioni: deposizione di film sottili, trattamento di tessuti, sterilizzazione di superfici, propulsori al plasma per applicazioni spaziali.

Struttura della verifica di profitto : Orale

Testi di riferimento :

- J. Wesson, "Tokamaks", 3rd edition, Clarendon Press (2004).
- J. R. Roth, "Industrial Plasma Engineering", vol. 1, IOP Publishing (1995).
- M. A. Lieberman, A. J. Lichtenberg, "Principles of plasma discharges and materials processing", J. Wiley & Sons (1994).

Ausili didattici : Appunti del docente

FISICA DELLO STATO SOLIDO

(Titolare: Prof. ANCILOTTO FRANCESCO)

Periodo: 1 anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti : Struttura della Materia, Fisica Teorica

Contenuto dell'attività formativa :

Legami chimici nei solidi.

La struttura dei cristalli.

Reticoli di Bravais e basi.

Strutture cristalline semplici.

Reticolo reciproco.

Diffrazione da strutture periodiche e tecniche sperimentali.

Leggi di Bragg e di Laue.

Fattore di forma atomico e di struttura.

Approssimazione adiabatica.

Dinamica reticolare.

Approssimazione armonica.

Matrice Dinamica.

Fononi.

Catene lineari.

Spettroscopia dei fononi.

Proprietà termiche dei cristalli.

Calore specifico reticolare.

Effetti anarmonici: espansione termica, conducibilità termica degli isolanti.

Elettroni "liberi".

Calore specifico elettronico.

"Screening" elettrostatico in un gas di Fermi.

Teorema di Bloch.

Struttura a bande.

Approssimazione di elettroni "quasi liberi".
Approssimazione "tight binding".
Esempi di struttura a bande.
Fenomeni di trasporto.
Modello di Drude.
Effetto Hall nei metalli.
Modello semiclassico.
Concetto di "buca".
Equazione di Boltzmann ed approssimazione del tempo di rilassamento.
Conducibilità elettrica e termica nei metalli.
Legge di Wiedemann e Franz.
Proprietà dielettriche dei materiali.
Funzione dielettrica ed assorbimento ottico.
Proprietà ottiche dei metalli.
Semiconduttori.
Risonanza di ciclotrone.
Portatori nei semiconduttori intrinseci ed estrinseci.
"Drogaggio" e stati di drogante.
Mobilità.
Conducibilità elettrica nei semiconduttori.
Effetto Hall nei semiconduttori.

Struttura della verifica di profitto : Orale

FISICA NUCLEARE

(Titolare: Prof.ssa LENZI SILVIA MONICA)

Periodo: I anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Obiettivi formativi : Corso base su:

- a) reazioni nucleari con sonde adroniche ed elettroni;
- b) struttura di nuclei lontani dalla valle di stabilità: modelli teorici e metodi sperimentali.

Contenuto dell'attività formativa :

Parte prima

Reazioni nucleari

Le forze nucleari e il potenziale nucleare:

- Tipi di reazione e le osservabili coinvolte
- Proprietà delle forze nucleari
- Il deuterio

Reazioni con ioni pesanti

- Considerazioni generali: Cinematica delle collisioni a due corpi , diffusione elastica ed inelastica e sezione d'urto di reazione

- Reazioni di Knock-out
- Reazioni di trasferimento quasi-elastico di nucleoni :

Aspetti fenomenologici delle reazioni nucleari alla barriera Coulombiana,

Equazioni in canali accoppiati, trasferimento multiplo sequenziale e di cluster

- Fenomeni collettivi di risonanza: il nucleo composto e la formula di Breit-Wigner.
- Fusione completa , formazione e decadimento del nucleo composto

Verranno considerati come esempi e argomenti di discussione gli aspetti che riguardano la formazione di nuclei "superpesanti" , le reazioni con nuclei instabili.

Parte seconda

- Dall'interazione nucleone-nucleone all'interazione efficace nel nucleo.

- Modelli nucleari di campo medio

- Modello a shell. Applicazioni ed esercitazione per il calcolo della struttura nucleare: stati eccitati e probabilità di transizione.

- Struttura di nuclei lontani dalla valle di stabilità.

- Metodi sperimentali per lo studio della struttura nucleare. Spettroscopia gamma e rivelatori ancillari.

- Fisica dei nuclei esotici.

Struttura della verifica di profitto : Scritta, Orale

Testi di riferimento :

Krane- Introduction to nuclear physics

R.Bass- Nuclear Reactions with Heavy Ions

R.Bock- Heavy Ion Collisions

W.Meyerhof –Elements of Nuclear Physics

K.Heyde- From Nucleons to the Atomic Nucleus

Lectures Euroschool on Radioactive Beams

FISICA STATISTICA DEI SISTEMI COMPLESSI

(Titolare: Prof. ORLANDINI ENZO)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

Contenuto dell'attività formativa :

1. Introduzione al corso

- Il problema della meccanica statistica di non equilibrio

- Moto Browniano

- Teoria di Einstein del moto Browniano

2. Cenni di teoria della probabilità

- Variabili aleatorie e densità di probabilità

- Valori medi, momenti e sviluppo in cumulanti

- Funzioni caratteristiche, probabilità condizionate

- Teorema del limite centrale

3. Cenni di teoria dei processi stocastici

- Variabili stocastiche

- Probabilità condizionate a n punti

- Classificazione dei processi stocastici

- Processi stazionari e teorema di Wiener-Kintchine

- Processi di Wiener, di Levy e di Poisson

- Processi di Markov e equazione di Chapman-Kolmogorov

- Master equation e bilancio dettagliato

- Metodi Monte Carlo

- Modelli a grana grossa di polimeri e processi di Markov

4. Teoria della risposta lineare e teoremi di fluttuazione-dissipazione

5. Equazione di Langevin

- Descrizione di Langevin del moto Browniano: il processo di Ornstein-Uhlenbeck

- Teorema di fluttuazione-dissipazione per l'equazione di Langevin

- Effetti idrodinamici sul moto Browniano

- Rumore di Johnson e teoria di Nyquist

- Rumore granulare

- Descrizione stocastica del sistema oceano-atmosfera

6. Equazione di Fokker-Planck

- Dall'equazione di Chapman-Kolmogorov all'equazione di Fokker-Planck per processi di Markov diffusivi: espansione di Kramer-Moyal

- Limite sovrasmorzato ed equazione di Smoluchowski

- Soluzione dell'equazione di Fokker-Planck per alcuni problemi classici al contorno

- Problemi di primo passaggio

7. Alcune potenziali applicazioni

- Dinamica di fluidi complessi

- Biologia (motori molecolari, ratchets, cargo, moto nelle cellule, diffusione facilitata, dinamica di traslocazione del DNA attraverso pori di membrana)

- Processi stocastici in Finanza (equazione di Black-Scholes, calcolo di Ito)

Struttura della verifica di profitto : Scritta

Descrizione verifica profitto : Parte integrante del corso sarà la proposta settimanale di esercizi da svolgere a casa su vari temi trattati nel corso.

Oltre ai suddetti problemi ed esercizi, ciascun studente sarà invitato a preparare e poi (in sede di esame) a presentare un seminario (15 min max) in cui si approfondirà un argomento del corso.

Ausili didattici : Durante il corso verranno distribuiti degli appunti in formato pdf.

FISICA SUBNUCLEARE DEI SAPORI

(Titolare: Prof. GIBIN DANIELE)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

FISICA SUBNUCLEARE DI GAUGE

(Titolare: Dott. DORIGO TOMMASO)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

Contenuto dell'attività formativa :

1) dal quark parton model alla QCD: diffusione, deep inelastic scattering, funzioni di struttura, Bjorken scaling, lagrangiana QCD, il colore, scaling violations, running α_s .

2) teoria elettrodebole: V-A, F e GT transitions; determinazioni della G di fermi; correnti neutre, neutrino scattering

3) modello $SU(2) \times U(1)$, $\sin^2 \theta$ (Weinberg) dal neutrino scattering, correzioni radiative, fisica della Z, interferenza e asimmetrie a LEP; fisica a LEP II.

4) modello di Goldstone, meccanismo di Higgs, Lagrangiana del modello standard, fenomenologia dell'Higgs, ricerche del bosone di Higgs

5) fisica ai colliders adronici, evidenze indirette del top, ricerca e proprietà del top quark e bosoni vettori, ricerca di nuova fisica, supersimmetria, fisica a LHC

Struttura della verifica di profitto : Orale

FISICA TEORICA

(Titolare: Prof. ZWIRNER FABIO)

Periodo: I anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 96A; 12,00 CFU

Prerequisiti : Istituzioni di Meccanica Quantistica e Meccanica Analitica (laurea triennale).

Obiettivi formativi : Il corso di Fisica Teorica discute il concetto di simmetria e la sua applicazione ai sistemi fisici, in particolare a quelli descritti dalla Meccanica Quantistica. A tale scopo, nella parte A vengono forniti degli strumenti avanzati di matematica, concentrando la discussione sulla teoria dei gruppi e delle loro rappresentazioni, mentre nella parte B vengono discusse le applicazioni fisiche dei gruppi di simmetria in Meccanica Quantistica e viene descritta la transizione dalla Meccanica Quantistica alle Teorie Quantistiche di Campo.

Contenuto dell'attività formativa :

PARTE A: Simmetrie in Fisica. Strutture Algebriche. Gruppi, morfismi e rappresentazioni. Sottogruppi, Quozienti e Prodotti.

Rappresentazioni e classificazione dei gruppi finiti. Varietà differenziali. Gruppi di Lie, gruppi di Matrici. Algebre di Lie. Ricoprimento di un gruppo: $SU(2)$ e $SO(3)$. Rappresentazioni unitarie.

Prodotti di rappresentazioni. Gruppi di Lorentz, Poincaré e loro rappresentazioni.

Classificazione delle algebre di Lie. Principio di minima azione. Teorema di Noether.

PARTE B: Richiami sul formalismo della Meccanica Quantistica. Le Simmetrie in Meccanica Quantistica. L'evoluzione causale. Il metodo delle perturbazioni. Rototraslazioni. Il momento angolare. Particelle elementari senza spin e con spin. Particelle identiche. Il gruppo di simmetria della dinamica. Esempi di sistemi con simmetrie dinamiche. Processi di urto elastico in Meccanica Quantistica.

Meccanica Quantistica e Teorie Quantistiche di Campo. Equazioni relativistiche.

Struttura della verifica di profitto : Scritta

Descrizione verifica profitto : Verifica scritta per entrambe le parti, con la possibilità di orale.

Ausili didattici :

Parte A:

R. Loll, Discrete groups, Utrecht uni. Beta Faculty, 2008.

R. Gilmore, Lie groups, physics and geometry, CUP 2007

H. Georgi, Lie algebras in particle physics, ABP, 1999

J. Cornwell, Group theory in physics I e II, AP, 1984

S. Sternberg, Group theory and physics, CUP, 1994

Parte B:

K. Konishi, G. Paffuti, Meccanica Quantistica: nuova introduzione, Pisa University Press, 2005

J.J. Sakurai Meccanica Quantistica Moderna Zanichelli, 1996

C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantum Mechanics (2 volumes), Hermann, 1977

G. Sartori, Lezioni di Fisica Teorica: simmetrie in Meccanica Quantistica, Cortina, 2009

INTRODUZIONE ALL'ELETTRODINAMICA QUANTISTICA

(Titolare: Dott. RIGOLIN STEFANO)

Periodo: 1 anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Obiettivi formativi : il corso si propone di fornire un'introduzione non rigorosa alla teoria quantistica relativistica dei campi. Vengono discussi in particolare la quantizzazione canonica ed il metodo perturbativo, con l'ausilio dei grafici di Feynman e con particolare riferimento all'elettrodinamica quantistica.

Contenuto dell'attività formativa :

Premessa: perché la teoria quantistica relativistica dei campi.

Quantizzazione canonica: dalle particelle non-relativistiche ai campi.

Quantizzazione dei campi di spin-0: equazione di Klein-Gordon per il campo reale, spazio di Fock, campo complesso e antiparticelle, funzioni di Green e propagatori.

Quantizzazione dei campi di spin-1/2: spinori di Dirac e spinori di Weyl, equazione di Dirac, quantizzazione con anticommutatori, propagatore.

Quantizzazione del campo elettromagnetico: equazioni di Maxwell e di Proca, invarianza di gauge, difficoltà nella quantizzazione del campo e.m., formalismo di Gupta-Bleuler, propagatore.

L'interazione: invarianza di gauge ed interazione e.m., evoluzione temporale, matrice S e proprietà, sviluppo perturbativo, teorema di Wick, grafici di Feynman, le simmetrie discrete (P,C,T).

Processi elementari: sezioni d'urto e velocità di decadimento, spazio delle fasi, effetto Compton, annichilazione elettrone-positrone, diffusione da campo e.m. esterno.

Cenni alla rinormalizzazione: grado superficiale di divergenza e rinormalizzabilità, struttura del vertice della QED e calcolo del momento magnetico anomalo di un fermione carico.

INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI SISTEMI A MOLTI CORPI

(Titolare: Prof. SILVESTRELLI PIER LUIGI)

Periodo: 1 anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti : Metodi Matematici

Obiettivi formativi : Il corso si propone di illustrare le tecniche, fondate sulla teoria quantistica dei campi non relativistici, che permettono di determinare il comportamento meccanico-statistico-quantistico della materia.

Contenuto dell'attività formativa :

Formalismo della seconda quantizzazione.

Operatori di particella singola e doppia in seconda quantizzazione.

L'hamiltoniano dei sistemi coulombiani.

Funzioni di Green a due punti: valore medio di un operatore di particella singola, energia dello stato fondamentale, rappresentazione di Lehmann.

Teorema adiabatico e determinazione perturbativa dello stato fondamentale.

Teorema di Wick e grafici di Feynman per i sistemi fermionici a $T=0$.

Self-energia, grafici di polarizzazione (interazione efficace), equazioni di Dyson.

Energia dello stato fondamentale del gas di elettroni degeneri ("jellium" model) nella ring approximation (RPA).

Teoria della risposta lineare; applicazioni:

schermaggio della carica elettrica (oscillazioni di Friedel),

oscillazioni di plasma, sezione d'urto differenziale per lo scattering anelastico di elettroni (cenni).
Sistemi Bosonici interagenti a $T=0$ (cenni).
Funzioni di Green a temperatura finita: teorema di Wick Matsubara e relativi grafici di Feynman.

Struttura della verifica di profitto : Scritta, Orale

Testi di riferimento : A.L. Fetter, J.D. Walecka, "Quantum theory of many-particle system", New-York, McGraw-Hill

ISTITUZIONI DI ASTROFISICA E COSMOLOGIA

(Titolare: Prof. MATARRESE SABINO)

Periodo: I anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Contenuto dell'attività formativa :

Concetti di base della Cosmologia:

- Componenti principali dell'Universo. Evidenza osservativa della presenza di materia oscura ed energia oscura.
- Universo in espansione e Principio Cosmologico.
- Elemento di linea di Robertson-Walker. Proprietà geometriche.
- Costante di Hubble e parametro di decelerazione.
- Definizioni di distanza in Cosmologia; redshift e legge di Hubble.
- Deduzione Newtoniana delle equazioni di Friedmann.
- Modelli di Friedmann.
- La costante cosmologica: soluzione statica di Einstein e modello di de Sitter.
- Soluzioni per il caso piatto e per Universi di materia con curvatura non nulla.

Storia termica e Universo primordiale:

- Densità numerica, densità di energia e pressione per un sistema di particelle in equilibrio termodinamico.
- Conservazione dell'entropia in un volume comovente.
- Relazione temperatura-tempo in epoche primordiali.
- Problemi del modello standard: orizzonte, piattezza, etc
- "Inflazione" nell'Universo primordiale. Soluzione del problema dell'orizzonte e della piattezza.
- La ricombinazione dell'idrogeno: equazione di Saha. Disaccoppiamento della radiazione.
- Definizione generale di "disaccoppiamento".

Materia oscura: proprietà generali

- Equazione di Boltzmann in cosmologia e relitti cosmici.
- Materia oscura calda e fredda: definizione e proprietà generali.
- Instabilità gravitazionale: teoria di Jeans.
- Instabilità gravitazionale nell'universo in espansione.
- Collasso sferico di una perturbazione.
- Funzione di massa delle strutture cosmiche: teoria di Press-Schechter (cenni)

Concetti di base dell'astrofisica stellare:

- Nucleosintesi primordiale degli elementi leggeri.
- Contrazione gravitazionale e condizioni per l'equilibrio idrostatico.
- Indice adiabatico ed equilibrio.
- Formazione stellare e gas degenere di elettroni.
- Il sole: proprietà generali.
- Il sole: diffusione radiativa.
- Fusione termonucleare nel sole.
- Nucleosintesi stellare.
- Cicli stellari.
- Magnitudini.
- Diagramma di Hertzsprung - Russell.

Struttura della verifica di profitto : Scritta

Testi di riferimento :

Lucchin, F., Introduzione alla Cosmologia, Zanichelli, Bologna, 1998.

[o in alternativa: Coles, P. and Lucchin, F., Cosmology, The Origin and Evolution of Cosmic Structure, Wiley and Sons, Chichester, 2002.

Per la ricombinazione e le condizioni di disaccoppiamento vedi: E.W. Kolb and M.S. Turner, The Early Universe, Addison-Wesley Pub. Co., Redwood City, 1990.

Phillips, A.C., The Physics of Stars, Wiley and Sons, Chichester, 1994.

ISTITUZIONI DI FISICA SUBNUCLEARE

(Titolare: Prof. BRUGNERA RICCARDO)

Periodo: I anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti : Istituzioni di Relatività, Istituzioni di Fisica Nucleare, Fisica Teorica, Metodi matematici

Obiettivi formativi : Lo studente acquisirà le basi della fisica subnucleare attraverso lo studio delle principali scoperte che hanno contribuito alla moderna visione delle particelle e delle loro interazioni. Tali scoperte vengono messe in relazione con gli sviluppi della teoria e delle tecniche di rivelazione e di accelerazione delle particelle. Al termine del corso lo studente sarà in grado di utilizzare la cinematica relativistica per analizzare le reazioni di produzione e i decadimenti delle particelle, saprà mettere in relazione conteggi e sezioni d'urto e applicare le regole di selezione che derivano dalla conservazione dei numeri quantici.

Contenuto dell'attività formativa :

Nozioni preliminari

Cinematica relativistica: massa, energia, momento lineare, la massa di un sistema di particelle, invarianti relativistici. Sistemi di particelle interagenti. Unità naturali. Collisioni e decadimenti: sezioni d'urto, ampiezze di decadimento, luminosità, spazio delle fasi.

Adroni, leptoni, quarks. Le interazioni fondamentali.

Il passaggio della radiazione attraverso la materia: perdita d'energia per ionizzazione, perdita d'energia degli elettroni, dei fotoni e degli adroni.

Le sorgenti di particelle d'alta energia: raggi cosmici, acceleratori.

I rivelatori di particelle: contatori a scintillazione, rivelatori Cherenkov; rivelatori a ionizzazione: contatore Geiger, camere multifilo, camere a deriva e proiezione temporale; rivelatori a micro-strip di silicio.

Nozioni preliminari

Cinematica relativistica: massa, energia, momento lineare, la massa di un sistema di particelle, invarianti relativistici. Sistemi di particelle interagenti. Unità naturali. Collisioni e decadimenti: sezioni d'urto, ampiezze di decadimento, luminosità, spazio delle fasi.

Adroni, leptoni, quarks. Le interazioni fondamentali.

Il passaggio della radiazione attraverso la materia: perdita d'energia per ionizzazione, perdita d'energia degli elettroni, dei fotoni e degli

adroni. Le sorgenti di particelle d'alta energia: raggi cosmici, acceleratori. I rivelatori di particelle: contatori a scintillazione, rivelatori Cherenkov; rivelatori a ionizzazione: contatore Geiger, camere multifilo, camere a deriva e proiezione temporale; rivelatori a micro-strip di silicio. Spettrometri. Calorimetri elettromagnetici e adronici.

Nucleoni, leptoni e bosoni

Il muone e il pione. I mesoni strani e gli iperoni. I numeri quantici del pione carico: lo spin. I leptoni carichi e i neutrini. L'equazione di Dirac. Il positrone. L'antiprotone.

Simmetrie

Simmetrie. Parità. Coniugazione particella-antiparticella. Time reversal e CPT. La parità del pione. I flavours dei quarks e il numero barionico. I flavours leptonici e il numero leptonico. L'isospin. La somma di due isospin; il prodotto di due rappresentazioni. La G-parità.

Gli adroni

Le risonanze. I barioni $3/2^+$. Il plot di Dalitz. Analisi di sistemi a tre pioni: spin, parità, isospin.

Mesoni vettori e pseudoscalari. Il modello a quark: mesoni e barioni. Charm. La terza famiglia. Gli elementi del modello standard.

L'elettrodinamica quantistica

Conservazione della carica e simmetria di gauge. La teoria quantistica di campo. L'interazione come scambio di quanti. I diagrammi di

Feynman: QED. Annichilazione elettrone-positrone in una coppia di muoni. L'evoluzione della costante di struttura fine.

Cromodinamica quantistica

Produzione di adroni ai colliders elettrone-positrone. Esperimenti di scattering. La struttura dei nucleoni. Le cariche di colore. Gli stati legati di colore. L'evoluzione di α_s .

Le interazioni deboli

Classificazione delle interazioni deboli. I processi leptonici a bassa energia e la costante di Fermi.

Violazione della parità. Elicità e chiralità.

La misura della elicità dei leptoni. Violazione della coniugazione particella-antiparticella e di CP. Il mixing di Cabibbo. Il meccanismo G.I.M. La matrice di mixing dei quarks. Le correnti deboli neutre. Il modello standard

L'interazione elettrodebole. La struttura delle correnti deboli neutre. L'unificazione elettrodebole. La misura dell'angolo elettrodebole. I bosoni vettori intermedi.

Struttura della verifica di profitto : Scritta, Orale

Testi di riferimento : Durante il corso si è seguito il seguente testo:

A. Bettini, Introduction to Elementary Particle Physics, Cambridge University Press (2008).

Il programma sopra delineato rifletta la suddivisione in capitoli e paragrafi del libro citato.

Ausili didattici : Altri libri di testo allo stesso livello di complessità sono:

D.H. Perkins, Introduction to High Energy Physics, Cambridge University Press (2000);

B.R. Martin and G. Shaw, Particle Physics, John Wiley & Sons (2008).

LABORATORIO DI FISICA

(Titolare: Prof. VIESTI GIUSEPPE)

Periodo: I anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 16A+32L; 6,00 CFU

Prerequisiti : Laboratory courses of the Laurea Triennale (Sperimentazioni Fisica 1,2. Laboratorio di Fisica 1)

Obiettivi formativi : Scopo del Corso e' di addestrare all'uso di strumentazione per esperimenti di Fisica Nucleare, Subnucleare e della Materia e degli strumenti di analisi dati.

Metodi didattici : Lezioni introduttive per la descrizione delle esperienze (16 ore, 2 CFU). Saranno poi formati gruppi di 2-3 studenti. Ciascun gruppo realizzerà 3 esperimenti in tre settimane separate. Per ciascuna settimana sono previsti 3 pomeriggi da 4 ore ciascuna.

Contenuto dell'attività formativa :

Questo corso presenta agli studenti alcuni esperimenti di Fisica Moderna che permettono l'approccio a tecniche di misura utilizzate nella pratica attuale della Ricerca Scientifica in Fisica Nucleare, Subnucleare e della Materia. Ogni studente svolgerà tre esperimenti.

Gli esperimenti proposti riguardano lo studio dei:

- 1) Raggi Cosmici
- 2) Scattering Compton
- 3) Decadimento del positronio
- 4) Imaging con raggi gamma
- 5) Fisica dei plasmi
- 6) Fluorescenza X
- 7) Radioattività naturale & Radon Counting

Nei primi quattro esperimenti gli studenti impareranno ad usare vari tipi di scintillatori per la rivelazione di particelle e raggi gamma e dell'elettronica associata. Verranno costruiti eventi multiparametrici tramite l'uso di tecniche di coincidenze.

Gli eventi saranno processati utilizzando un software evoluto (ROOT) per arrivare alla definizione del risultato finale.

Nell'esperimento di Fisica dei Plasmi gli studenti studieranno le condizioni che permettono di innescare un plasma a partire da una piccola quantità di gas neutro e studieranno le caratteristiche fisiche del plasma tramite misure elettriche. Gli studenti entreranno a contatto con le tecniche di vuoto e di misura del gas residuo.

Gli esperimenti di Fluorescenza X e di radioattività naturale saranno realizzati con rivelatori a semiconduttori ad alta risoluzione (Silici ed HPGe) ed addestreranno gli studenti alla spettroscopia

della radiazione X-gamma ed alle tecniche analitiche ad essa connessa con le applicazioni relative.

Struttura della verifica di profitto : Scritta, Orale

Descrizione verifica profitto : Relazione scritta sulle attività di laboratorio e discussione orale sui risultati sperimentali ottenuti. Valutazione delle relazioni scritte e dell'abilità dello studente nel presentare e discutere le esperienze realizzate.

Testi di riferimento : Dispense disponibili in rete

Ausili didattici : Dispense disponibili in rete

LABORATORIO DI FISICA AVANZATO A

(Titolare: Prof. MISTURA GIAMPAOLO)

Periodo: I anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: +48L; 6,00 CFU

Prerequisiti : Corsi di Laboratorio Laurea Triennale (Esperimentazioni Fisica 1,2,3,4. Laboratorio di Fisica 1, 2)

Contenuto dell'attività formativa : Verrà svolta una esperienza caratterizzante il percorso specialistico a scelta dello studente. In particolare si provvederà alla progettazione e simulazione dell'esperimento, caratterizzazione e tarature delle varie componenti e messa a punto dell'apparato .

Struttura della verifica di profitto : Scritta

MECCANICA HAMILTONIANA

(Titolare: Dott. PONNO ANTONIO)

Periodo: I anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti : Conoscenza di base della meccanica hamiltoniana, a livello del corso di meccanica analitica tenuto dal Prof. Benettin (e' consigliabile, ma non necessario, aver sostenuto l'esame relativo a tale corso).

Obiettivi formativi : Trattare da un punto di vista matematico rigoroso alcuni problemi di meccanica hamiltoniana rilevanti per la meccanica statistica ed i suoi fondamenti dinamici, mettendo in grado gli studenti che frequentano il corso di arrivare a poter comprendere (alcuni) lavori originali relativi a tali problematiche.

Metodi didattici : Lezioni tenute alla lavagna.

Contenuto dell'attività formativa :

Il corso e' diviso in due parti. La prima parte e' dedicata alla teoria delle perturbazioni. Si tratta prima il Teorema di Poincare' sulla non esistenza di integrali primi indipendenti dall'hamiltoniana per sistemi integrabili non degeneri genericamente perturbati. Si passa poi al Teorema di Kolmogorov sulla conservazione dei tori invarianti in sistemi non degeneri sotto l'azione di piccole perturbazioni. Si discute infine la possibile rilevanza di tali teoremi in sistemi a molti gradi di liberta' ed in regimi di interesse per la meccanica statistica.

La seconda parte del corso e' dedicata ad una introduzione alla teoria ergodica, cioe' allo studio delle proprieta' statistiche dei moti. La trattazione e' ristretta principalmente ai sistemi ergodici ed ai sistemi mescolanti, con un cenno ai K-sistemi ed al relativo concetto di entropia. Si discute il problema dell'esistenza delle misure invarianti privilegiate, prima tra tutte quella di Gibbs. Si discute infine il problema dell'approccio all'equilibrio statistico in sistemi a molti gradi di liberta', con particolare attenzione ad alcuni "problemi modello", come quello di Fermi-Pasta-Ulam.

Struttura della verifica di profitto : Orale

Descrizione verifica profitto : Esame individuale da svolgersi, se possibile, alla lavagna. La discussione di eventuali approfondimenti di alcuni argomenti trattati nel corso, proposti dallo studente e concordati con il docente, puo' costituire parte dell'esame.

Testi di riferimento :

Fasano & Marmi "Analytical Mechanics" (2006);

Arnol'd & Avez, "Ergodic problems of classical mechanics" (1968).

Ausili didattici : Dispense a cura del docente ed eventuali lavori originali per possibili approfondimenti.

MECCANICA STATISTICA

(Titolare: Prof. STELLA ATTILIO)

Periodo: I anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Contenuto dell'attività formativa :

Teoria cinetica, equazione di Boltzmann e teorema H.

Estensività, stabilità e teoremi di esistenza del limite termodinamico. Sistemi interagenti all'equilibrio. Transizioni di fase. Teorie classiche. Gas unidimensionali. Espansione del viriale.

Singularità di grandezze termodinamiche e teoremi di Yang e Lee.

Rottura spontanea di simmetria nel modello di Ising. Ordine a lungo range.

Rotture di simmetrie discrete e continue. Condensazione di BE e ODLRO.

Approssimazione di campo medio, principio variazionale. Modello di Ising unidimensionale e matrice di trasferimento. Argomento di Peierls in due dimensioni. Simmetria di auto-dualità per il modello di Ising in due dimensioni.

Formulazione funzionale del problema delle transizioni di fase e approssimazione di Landau.

Funzioni di correlazione e funzioni di risposta.

Scattering e funzioni di correlazione. Singularità critiche. Relazioni di scala fra esponenti critici.

Omogeneità e scaling di Kadanoff.

Gruppo di rinormalizzazione nello spazio reale. Universality.

Struttura della verifica di profitto : Scritta, Orale

Testi di riferimento :

K. Huang, Meccanica Statistica, Zanichelli.

M. Kardar, Statistical Physics of Fields, Cambridge U. P.

MICROSCOPIA OTTICA

(Titolare: Prof. MAMMANO FABIO)

Periodo: II anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

Prerequisiti : Istituzioni di Fisica Nucleare

Obiettivi formativi : Ottica di Fourier, microscopia in campo chiaro, generazione del contrasto, microscopia di fluorescenza convenzionale e confocale, super-risoluzione, trattamento digitale delle immagini, sonde molecolari e rilevazione di segnali cellulari.

Metodi didattici : Lezioni frontali con ausilio di videoproiezioni.

Contenuto dell'attività formativa :

Fondamenti di ottica. Il cammino ottico e l'equazione eiconale. Formalismo matriciale per l'ottica geometrica. Strumenti ottici. Aberrazioni.

Analisi di Fourier in due dimensioni. Sistemi lineari invarianti. Funzioni di trasferimento. Teorema del campionamento.

Teoria scalare della diffrazione. Integrali di diffrazione, trasformate di Fourier e principio di Huygens-Fresnel. Spettro angolare delle onde piane. Propagazione della luce come filtro spaziale lineare.

Approssimazione di Fresnel e di Fraunhofer. Diffrazione di Fraunhofer da aperture rettangolari e circolari. Reticoli di diffrazione.

Propagazione di campi e spettri. La lente sottile come trasformazione di fase. Formazione delle immagini come convoluzione.

Illuminazione coerente e incoerente. Analisi dei sistemi ottici nello spazio delle frequenze.

Funzione di trasferimento di un sistema ottico

limitato dai soli effetti della diffrazione. Effetto delle aberrazioni sulla risposta in frequenza. Coma e condizione dei seni di Abbe.

Microscopio a luce trasmessa. Piani coniugati e treni ottici. Illuminazione di Köhler. Teoria di Abbe e potere risolutivo. Generazione del contrasto: contrasto di fase, campo scuro, contrasto interferenziale differenziale.

Fluorescenza. Spettri molecolari. Diagramma di Jablonski. Spostamento di Stokes. Tempi di vita e efficienza quantica. Saturazione dello stato eccitato. Struttura del microscopio a fluorescenza convenzionale.

Risposta all'impulso di una lente convergente in tre dimensioni. Risoluzione laterale e risoluzione assiale per imaging incoerente: il limite classico. Microscopia confocale, sezionamento ottico e ricostruzione volumica. Principi fisici e applicazioni dell'eccitazione a 2 fotoni.

Vantaggi e svantaggi dei diversi sistemi confocali. Imaging confocale e superamento del limite classico: super-risoluzione.

Trattamento digitale delle immagini. Rumore e suo filtraggio digitale. Deconvoluzione.

Illuminazione strutturata e super-risoluzione.

Registrazione ottica di variazioni di concentrazione ionica. Sensori ottici di ioni Ca^{2+} , protoni ed altre specie ioniche fisiologicamente rilevanti. Imaging del Ca^{2+} ad una e due lunghezze d'onda.

Tecniche avanzate di microscopia ottica. Controllo locale della concentrazione di Ca^{2+} ed altre specie molecolari attive mediante fotolisi UV di criptandi fotosensibili. FRET, FLIM, FRAP, TIRFM, dinamica di messaggeri intracellulari. Equazioni di reazione-diffusione, onde calcio.

Struttura della verifica di profitto : Orale

Testi di riferimento :

Born M. & Wolf E., "Principles of Optics", 7th expanded edition, Cambridge University Press, 1999.

Pawley J.B., "Handbook of Biological Confocal Microscopy", Third edition, Plenum Press, 2006.

Ausili didattici : Diapositive delle lezioni in formato PDF.

PROVA FINALE

(Titolare: da definire)

Periodo: Il anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: ; 39,00 CFU

RELATIVITA' GENERALE

(Titolare: Prof. LECHNER KURT)

Periodo: I anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti : Si consiglia la frequenza del corso di Campi Elettromagnetici

Obiettivi formativi :

Scopo del corso e' fornire le basi fenomenologiche e teoriche della Relativita' Generale. Nella prima parte del corso [1-4] si mostra come una corretta interpretazione delle sole caratteristiche generali dei dati osservativi si traduce in modo stringente nel saldo impianto teorico della Relativita' Generale, illustrando cos'è l'efficacia del metodo deduttivo in Fisica. La parte centrale del corso [5-8] e' dedicata alle conseguenze sperimentali della teoria, nonche' a fenomeni piu' speculativi, ma attuali, come i buchi neri e le onde gravitazionali. La sez. 9 e' dedicata a sviluppi piu' formali. Le linee guida del corso sono: 1) l'utilizzo delle simmetrie, quale strumento potente per la costruzione di una teoria fisica fondamentale; 2) un'attenzione particolare verso le analogie e le differenze, fisiche e formali, tra la gravitazione e le altre interazioni fondamentali.

Contenuto dell'attivita' formativa :

1) Introduzione. I fondamenti della Relativita' Ristretta. La gravita' a confronto con le altre interazioni fondamentali. I postulati della Relativita' Ristretta e il calcolo tensoriale. Le equazioni dell'elettrodinamica in forma covariante. Il tensore energia-impulso. Il principio di minima azione e il teorema di Noether. Le teorie di gauge non abeliane come teorie con invarianze locali.

2) Una teoria relativistica della Gravitazione. Il Principio di equivalenza. Particella in caduta libera: metrica e connessione, geodetiche, limite Newtoniano, red-shift gravitazionale. Cambiamenti di coordinate. Il principio di Covarianza Generale e le varietà riemanniane come sue sedi naturali.

3) Elementi di Geometria Differenziale. Varietà differenziabili e diffeomorfismi. Tensori. La derivata di Lie. Metrica riemanniana.

Connessione, derivata covariante e curve geodetiche. La curvatura: i tensori di Riemann e di Ricci, l'identità di Bianchi.

Caratterizzazione di varietà piatte. I postulati della Relativita' Generale: causalita' locale e globale.

4) Sistemi fisici in un campo gravitazionale esterno. La ricetta dell'accoppiamento minimale.

L'elettrodinamica in presenza di un campo gravitazionale esterno. Conservazione della corrente e

conservazione covariante del tensore-energia impulso. Isometrie, vettori di Killing, e leggi di conservazione.

5) Equazioni di Einstein. Derivazione delle equazioni di Einstein. Costante cosmologica. Il tensore energia-impulso del campo gravitazionale. I gradi di liberta' del campo gravitazionale. La soluzione di Schwarzschild. I test classici della Relativita' Generale.

6) Buchi neri di Schwarzschild. Analisi globale delle geodetiche nella metrica di Schwarzschild. Sezione d'urto di cattura, cono di fuga per i fotoni. Analisi qualitativa delle leggi orarie. L'orizzonte degli eventi e la metrica di Kruskal. Cenni alla radiazione di Hawking.

7) Onde gravitazionali. Soluzioni delle equazioni di Einstein nell'approssimazione di campo debole, e soluzioni di onda piana.

Generazione di onde gravitazionali. L'energia irradiata da corpi oscillanti. La diminuzione del periodo della pulsar binaria PSR 1913+16, come prova indiretta dell'esistenza delle onde gravitazionali.

8) Breve introduzione al modello standard cosmologico. Spazi massimalmente simmetrici. Il principio cosmologico e la metrica di Robertson-Walker. Il fluido perfetto cosmologico dalle isometrie. Le equazioni di Friedmann dalle equazioni di Einstein, e loro soluzioni.

Universi chiusi, aperti e piatti. Legge di Hubble. Energia oscura e materia oscura.

9) Sviluppi formali. Il principio di minima azione in Relativita' Generale. L'azione di Einstein-Hilbert per il campo gravitazionale.

Definizione generale del tensore energia-impulso. Il formalismo dei Vierbein, e gli spinori in spazi curvi.

Struttura della verifica di profitto : Orale

Testi di riferimento :

S. Weinberg, "Gravitation and Cosmology", Wiley, New York (1972).

R.M. Wald, "General Relativity", Chicago University Press (1984).

F. de Felice, C.J.S. Clarke, "Relativity on curved manifolds", Cambridge University Press (1992).

I.R. Kenyon, "General Relativity", Oxford University Press (1990).

S.W. Hawking, G.F.R. Ellis, "The large scale structure of space-time", Cambridge University Press (1973)

STRUTTURA DELLA MATERIA

(Titolare: Prof. SALASNICH LUCA)

Periodo: 1 anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 40A+8E; 6,00 CFU

Prerequisiti : I corsi della laurea triennale in Fisica.

Obiettivi formativi : Approfondire la conoscenza delle proprietà quantistiche della luce, degli atomi e delle molecole.

Metodi didattici : Lezioni frontali ed esercizi in aula e per casa.

Contenuto dell'attivita' formativa :

1. Quantizzazione del campo elettromagnetico

Proprietà del campo elettromagnetico classico nel vuoto. Gauge di Coulomb. Espansione in onde piane. Oscillatori quantistici e quantizzazione del campo elettromagnetico. Stati di Fock e stati coerenti del campo elettromagnetico. Energia di punto zero ed effetto Casimir.

2. Transizioni elettromagnetiche

L'atomo in presenza del campo elettromagnetico. La regola d'oro di Fermi. Approssimazione di dipolo. Assorbimento ed emissione spontanea e stimolata della radiazione: i coefficienti di Einstein. Regole di selezione. Tempi di vita degli stati atomici e larghezza di riga. Inversione di popolazione e luce laser.

3. Atomi in campi elettrici e magnetici

L'atomo relativistico: equazione di Dirac. Correzioni relativistiche allo spettro atomico. L'atomo in campo magnetico costante: effetto Zeeman normale e anomalo. L'atomo in campo elettrico costante: effetto Stark lineare e quadratico. Spin in campo magnetico dipendente dal tempo: la risonanza magnetica.

4. Sistemi quantistici a molti corpi

Particelle identiche. Bosoni e condensazione di Bose-Einstein. Fermioni e principio di esclusione di Pauli. Approssimazioni di Hartree per i bosoni e l'equazione di Gross-Pitaevskii. Approssimazione

di Hartree-Fock per i fermioni. Seconda quantizzazione e campo quantistico di Schrodinger. Il metodo del funzionale densità. Sistemi con molti nuclei: approssimazione adiabatica di Born-Oppenheimer. Spettri della molecola biatomica.

Struttura della verifica di profitto : Scritta, Orale

Descrizione verifica profitto : la prova scritta sarà di circa 2 ore, mentre la prova orale circa 35 minuti.

Testi di riferimento :

B. H. Branden e C. J. Joachain: "Physics of Atoms and Molecules", 2nd edition, Prentice Hall, 2003

Ausili didattici : Dispense del docente.

STRUTTURE COSMICHE E FONDI DI RADIAZIONE

(Titolare: Dott.ssa POGGIANTI BIANCA MARIA)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

Prerequisiti : elementi base di cosmologia e astrofisica

Obiettivi formativi : corso avanzato di Astrofisica extragalattica e Cosmologia osservativa, focalizzato sulle tematiche di ricerca in più rapido sviluppo

Contenuto dell'attività formativa :

Concetti introduttivi: breve panoramica delle fasi principali della storia dell'Universo. Elementi di base: magnitudini, sistemi fotometrici e rapporti massa/luminosità; lo spettro elettromagnetico e metodi di osservazione nelle diverse bande; estinzione ed arrossamento, effetto dell'estinzione sulla distribuzione spettrale di energia delle galassie; richiami dei concetti di base dell'evoluzione stellare; la funzione iniziale di massa stellare; indicatori di formazione stellare. La Via Lattea: morfologia e struttura, proprietà (popolazioni stellari, età, metallicità) di bulge, disco e alone, modelli di formazione e di evoluzione chimica.

Generalità sulle galassie: proprietà morfologiche e classificazione, principali componenti, colori, storie di formazione stellare, funzioni di massa e luminosità, relazioni con l'ambiente. Le galassie ellittiche: proprietà fotometriche, profili di luminosità, isofote e struttura tridimensionale, popolazioni stellari, correlazioni fra parametri fotometrici e dinamici, aloni di gas caldo, origine della struttura delle galassie ellittiche (rilassamento violento, mergers), ellittiche nane. Le galassie a disco: componenti principali, correlazioni fra parametri, curve di rotazione, relazione di Tully-Fisher, mezzo interstellare e attività di formazione stellare.

I nuclei galattici attivi (AGN): radiogalassie, quasar e QSO, classificazione spettrale, sorgenti di energia, modelli unificati e loro test, diagrammi diagnostici, proprietà delle galassie che ospitano nuclei attivi, metodi per la stima delle masse dei buchi neri supermassicci (SMBH), relazioni tra la massa dei SMBH e le proprietà della galassia ospitante, co-evoluzione delle galassie e dei nuclei attivi. Ammassi e gruppi di galassie: metodi osservativi di identificazione, componenti principali, evoluzione, popolazioni galattiche. Densità locale ed effetti ambientali. Struttura su larga scala, clustering a funzioni di correlazione. La storia di formazione stellare su scala cosmica. L'effetto di downsizing. La bi-modalità galattica. Evoluzione di galassie fino a $z=1$: le redshift surveys, l'evoluzione di morfologie, colori, masse, tassi di formazione stellare. Metodi di identificazione di galassie a $z>1$. Varie classi di galassie a $z=2-4$, tra cui Lyman break galaxies, galassie sub-mm, EROs. Galassie a $z>6$. Osservazioni dello spettro e dell'anisotropia della radiazione di fondo extragalattica nelle diverse bande spettrali e loro implicazioni cosmologiche.

Struttura della verifica di profitto : Orale

Descrizione verifica profitto : La verifica consiste in un colloquio volto ad accertare il livello di apprendimento dei concetti fondamentali e delle problematiche principali trattati nel corso.

TEORIA DEI CAMPI 1

(Titolare: Prof. FERUGLIO FERRUCCIO)

Periodo: I anno, 2 semestre

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti : Metodi Matematici, Campi Elettromagnetici, Fisica Teorica

Obiettivi formativi : Scopo del corso è di introdurre l'integrale di Feynman e fornire applicazioni in teorie di campo, riguardanti in particolare la rinormalizzazione perturbativa in elettrodinamica quantistica.

Contenuto dell'attività formativa :

L'integrale di Feynman

Quantizzazione con l'integrale di Feynman in meccanica quantistica e teorie di campo

Teoria ad albero, approssimazione semiclassica

Grafici di Feynman

Funzionali generatori, Azione effettiva

Regole di Feynman, divergenze e regolarizzazione dimensionale

Rinormalizzazione

Considerazioni generali sulla rinormalizzazione

Esempi all'ordine significativo più basso in teoria perturbativa

Struttura della verifica di profitto : Orale

Testi di riferimento :

Field Theory: a modern primer by Pierre Ramond, 2nd edition 1990 Westview Press

An Introduction to Quantum Field Theory by M. E. Peskin and D. V. Schroeder, 1995, Addison Wesley

Quantum Field Theory by C. Itzykson and J.-B. Zuber, 1980, McGraw-Hill

TEORIA DEI CAMPI 2

(Titolare: Prof. PASTI PAOLO)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

Prerequisiti : Metodi matematici , campi Elettromagnetici , Fisica Teorica , Teoria dei Campi 1

Contenuto dell'attività formativa :

Teorie di gauge.

Teorie abeliane.

Teorie non abeliani.

Soluzioni classiche delle teorie di gauge.

Integrale funzionale e procedura di Faddeev-Popov

Simmetria BRST e identità di Slavnov-Taylor

Calcoli perturbativi in QCD

Libertà Asintotica

Anomalie

Struttura della verifica di profitto : Orale

Testi di riferimento :

P.Ramond : Fields Theory A modern Primer

C. Itzykson , J.B.Zuber : Quantum Fields Theory

TEORIA DEI SISTEMI A MOLTI CORPI

(Titolare: Dott. DELL'ANNA LUCA)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

TEORIA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI

(Titolare: Prof. FERUGLIO FERRUCCIO)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Tipologie didattiche: 40A; 5,00 CFU

Prerequisiti : Metodi matematici , campi Elettromagnetici , Fisica Teorica , Teoria dei Campi 1

Obiettivi formativi : Scopo del corso è illustrare criticamente il modello Standard delle interazioni elettrodeboli. Una parte introduttiva sarà dedicata alle

proprietà generali delle teorie di gauge e alla rottura spontanea di una simmetria continua.

Contenuto dell'attività formativa :

Scopo del corso è illustrare criticamente il modello Standard delle interazioni elettrodeboli. Una parte introduttiva sarà dedicata alle proprietà generali delle teorie di gauge e alla rottura spontanea di una simmetria continua.

Si approfondiranno le ragioni del grande successo del modello standard, i suoi fondamenti teorici e le verifiche sperimentali più importanti delle sue proprietà.

Agli studenti interessati è richiesta la conoscenza della equazione di Dirac e dei grafici di Feynman, a livello elementare.

Teorie di gauge non-abeliane; rottura spontanea di una simmetria continua; teorema di Goldstone; meccanismo di Higgs; modello standard $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$; quarks e leptoni; struttura delle correnti deboli; violazione di C e P.

Matrici di massa per quarks e leptoni; diagonalizzazione e matrice VCKM; angolo di Cabibbo; assenza di correnti neutre con violazione di sapore; assenza di transizioni con violazione di sapore mediate dall'Higgs; violazione di sapore nelle correnti cariche; violazione di CP.

Masse e angoli di mescolamento dei neutrini; masse di Dirac e Masse di Majorana; il meccanismo dell'altalena; oscillazione dei neutrini nel sole e nell'atmosfera; violazione del numero leptonico.

Transizioni con violazione del sapore;

Decadimenti esclusivi ed inclusivi dei mesoni B; oscillazioni B – B; violazione di CP

Proprietà dei bosoni vettori intermedi; accoppiamenti della Z ai fermioni ordinari;

test di precisione del modello standard; analisi model-independent e limiti sulla fisica al di là del modello standard.

Anomalie di simmetrie continue globali e locali nelle teorie quantistiche; anomalia della corrente assiale in elettrodinamica; anomalie nelle teorie di gauge non-abeliane; cancellazione delle anomalie nel modello standard e vincoli sui numeri quantici dei fermioni; anomalie dei numeri barionico e leptonico.

Proprietà dell'Higgs; canali di decadimento dell'Higgs; produzione dell'Higgs ai collider ed $e^+ e^-$; ricerca dell'Higgs.

Il modello standard come teoria efficace; le divergenze quadratiche e il problema della gerarchia; unificazione delle costanti di accoppiamento di gauge; cenni alle teorie unificate; come includere la gravità; possibili scenari.

Struttura della verifica di profitto : Scritta, Orale