



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

SCUOLA DI SCIENZE

Bollettino Notiziario

Anno Accademico 2018/2019

Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Curriculum: Corsi comuni

Curriculum: NuPhys - Nuclear Physics

ASTROPARTICLE PHYSICS

(Titolare: Dott. FRANCESCO D'ERAMO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

È suggerito di seguire i seguenti corsi nel primo semestre: Fisica Teorica, Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali e Relatività Generale.

Conoscenze e abilità da acquisire :

In questo corso, evidenzieremo la sinergia tra gli studi effettuati alle scale di lunghezza osservabili π^1 grandi e π^1 piccole. Come vedremo durante le lezioni, gli strumenti che abbiamo sviluppato studiando la Natura alle π^1 piccole scale di lunghezza osservabili ci hanno permesso di ottenere un'immagine coerente dell'Universo. Secondo questo quadro, i costituenti fondamentali sono barioni, materia oscura e energia oscura, integrati da condizioni iniziali determinate da un'epoca di inflazione. Tuttavia, molte domande restano ancora senza risposta. Lo scopo di questo corso è quello di rendere gli studenti consapevoli di tali problemi, rivedere le soluzioni π^1 comuni e potenzialmente discutere nuove idee adatte per un progetto di tesi di laurea magistrale.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni alle lavagna.

Contenuti :

1) Simmetrie e Quantità Conservate nel Modello Standard della Fisica della Particelle

2) Fisica delle Particelle nell'Universo in Espansione

3) Bilancio Energetico del nostro Universo

4) Nucleosintesi e suo Ruolo nel Testare Fisica oltre il Modello Standard

5) Modelli di Fisica delle Particelle per Bariogenesi

6) Produzione di Materia Oscura nell'Universo Primordiale

7) Inflazione e il suo Ruolo nella Produzione di Materia Oscura

8) Candidati di Materia Oscura da Fisica delle Particelle

9) Raggi Cosmici

10) Ricerche Sperimentali di Materia Oscura

11) Stelle come Laboratori di Fisica delle Particelle

Modalità di esame :

Esame orale.

Criteri di valutazione :

L'esame orale stabilirà il grado di comprensione del materiale svolto in classe e l'abilità ad esporlo in maniera logica e coerente.

Testi di riferimento :

Raffelt, Georg, Stars as Laboratories for Fundamental Physics. : The University of Chicago Press Book, 1996

Perkins, Donald H., Particle astrophysics D.H. Perkins. Oxford: Oxford University Press, 2009

Bergstrom, Lars; Goobar, Ariel, Cosmology and particle astrophysics Lars Bergstrom, Ariel Goobar. Berlin [etc.]: Springer, 0

Kolb, Edward; Turner, Michael, Early Universe. New York: Westview Press, 1994

Profumo, Stefano, An introduction to particle dark matter Stefano Profumo. New Jersey: World Scientific, 2017

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Agli studenti verranno fornite note riguardanti ogni argomento trattato in classe. Inoltre, in ogni capitolo delle note vi sarà la referenza alla letteratura rilevante che ha ispirato la discussione in classe.

INTRODUCTION TO MANY BODY THEORY

(Titolare: Prof. PIER LUIGI SILVESTRELLI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Metodi Matematici

Conoscenze e abilita' da acquisire :

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.

Contenuti :

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.

Modalita' di esame :

Orale piú eventuali esercizi in itinere.

Criteri di valutazione :

Conoscenze teoriche di base e capacita' di applicazione del formalismo in casi di interesse fisico.

Testi di riferimento :

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

NUCLEAR ASTROPHYSICS

(Titolare: Dott. ANTONIO CACIOLLI)

- Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo:

I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo:

NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche:

48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Elementi di meccanica quantistica e di fisica generale

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Il corso si propone di fornire una preparazione teorica e sperimentale che consentiranno allo studente di intraprendere attivita' di ricerca nell'ambito dell'astrofisica nucleare.

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni in aula.

Contenuti :

Reazioni termonucleari.

Definizione di sezione d'urto, fattore S astrofisico, tasso di reazione e derivazione del picco di Gamow.

Brucciamenti nucleari nelle stelle durante le fasi idrostatiche ed esplosive.

Cenni di modellistica stellare.

Brucciamento dell'idrogeno: catene p-p, cicli CNO, NeNa, MgAl

Brucciamento dell'elio: reazioni 3-alpha e alpha + 12C.

Reazioni di bruciamenti nucleari avanzati (C, Ne, O, Si).

I processi di cattura neutronica (s e r: lento e rapido).

Per ogni argomento verra' data una panoramica dei risultati piu' rilevanti nella letteratura recente.

Calcolo del rate di reazione in casi specifici (cattura diretta, risonanze strette, risonanza larghe)

Come svolgere un esperimento in Astrofisica Nucleare (ogni aspetto del corso verrá discusso in relazione alle facility sperimentali in attivita' e legati agli ultimi risultati scientifici prodotti)

Cenni sul fondo di radiazione naturale

Metodi di schermatura dei rivelatori

Perché è utile fare un esperimento in un laboratorio underground

Tecniche di accelerazione per ioni carichi

Cenni su tipologie di sistemi di rivelazione (neutroni, gamma, particelle cariche) e tecniche di calibrazione dei rivelatori

Derivazione sperimentale della sezione d'urto

Tipologie di bersagli, loro caratteristiche pro e contro (gas, jet e solid target)

Produzione e studio dei target e come questo influenza la misura sperimentale

Cenni sui metodi indiretti in astrofisica nucleare (THM, ANC, α !)

Modalita' di esame :

Verifica orale e/o scritta su tutti gli argomenti trattati nel corso.

Criteri di valutazione :

Accertamento della comprensione e della padronanza degli argomenti trattati.

Testi di riferimento :

C. E. Rolfs and W. S. Rodney, *Couldrons in the Cosmos.* : The Chicago University Press, 1988

C. Iliadis, *Nuclear Physics of Stars.* : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, 2007

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Diapositive e altro materiale reso disponibile in formato elettronico agli studenti.

NUCLEAR PHYSICS

(Titolare: Prof.ssa SILVIA MONICA LENZI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Meccanica quantistica.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Lo studente approfondirà alcuni degli argomenti visti nel corso di Istituzioni di Fisica Nucleare della Laurea Triennale e sarà introdotto a nuovi argomenti sia sulle reazioni nucleari, sia sulla struttura del nucleo. Il corso fornisce una buona conoscenza delle proprietà del nucleo atomico che implica l'utilizzo di modelli a molti corpi. Inoltre verranno presentati e discussi i problemi più attuali della Fisica Nucleare. Lo studente sarà in grado di interpretare le diverse proprietà e modi di eccitazione dei nuclei.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Le lezioni si svolgono con l'ausilio di slides.

Contenuti :

Programma di Fisica Nucleare 2017/2018

Parte prima: Struttura del nucleo e modelli nucleari

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

Grandezze conservate

Simmetrie nella struttura dei nuclei

Metodi sperimentali per la struttura nucleare

Modelli nucleari:

1) Modelli collettivi:

Modello della goccia liquida, Modello a gas di Fermi: applicazioni, Deformazione nucleare,

Eccitazioni collettive,

Moti vibrazionali,

Moti rotazionali,

Energy Density Functional

2) Modello Microscopici:

Modello di Hartree Fock,

Modello a shell interattivo,

Modello di Nilsson.

Parte Seconda: Reazioni nucleari

Introduzione: proprietà del nucleo

-energia di legame

-equazione semiempirica di massa

-proprietà elettromagnetiche statiche dei nuclei: Momenti di multipolo

Le forze nucleari e il potenziale nucleare

- interazione nucleone-nucleone

- Il deutone

- isospin

- diffusione nucleone-nucleone

- proprietà delle forze nucleari

Reazioni Nucleari

- considerazioni generali: Cinematica delle collisioni a due corpi

- tipi di reazione e le osservabili coinvolte

- diffusione elastica e sezione d'urto di reazione

- reazioni di nucleo composto

- reazioni di Knock-out

Reazioni con Ioni Pesanti

- reazioni di trasferimento quasi-elastico di nucleoni

- aspetti fenomenologici delle reazioni nucleari alla barriera Coulombiana,

- fusione completa, formazione e decadimento del nucleo composto

- reazioni di fusione di interesse astrofisico

- tecniche sperimentali

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

Modalita' di esame :

L'esame consiste in una prova orale con eventuale presentazione di un lavoro di ricerca su argomenti diversi proposti dal docente.

Criteri di valutazione :

Buon dominio dei principali argomenti del corso.

Testi di riferimento :

Kris Heyde, *Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics*. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1999

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

I libri di testo e le slides messe a disposizione dai docenti nel sito moodle. Inoltre verrà messo a disposizione altro materiale di rassegna di carattere didattico sugli argomenti più attuali della fisica nucleare teorica, sperimentale e applicata.

PHYSICS LABORATORY

(Titolare: Dott. LUCA STEVANATO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics
Tipologie didattiche: 16A+32L; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Laboratori della Laurea Triennale.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Scopo del Corso è di addestrare all'uso di strumentazione per esperimenti di Fisica delle Interazioni fondamentali, Materia e Astrofisica e degli strumenti di analisi dati. Lo studente sarà in grado di gestire autonomamente un apparato di misura, acquisire ed analizzare i dati e valutare l'accuratezza dei risultati ottenuti.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni introduttive per la descrizione delle esperienze (16 ore, 2 CFU). Saranno poi formati gruppi di 3 studenti. Ciascun gruppo realizzerà 3 esperimenti.

Contenuti :

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 di Fisica delle Interazioni fondamentali, Materia e Astrofisica. Ogni studente svolgerà tre esperimenti.

Gli esperimenti proposti sono i seguenti: 1) Raggi Cosmici 2) Scattering Compton 3) Decadimento del positronio 4) Imaging con raggi gamma 5) Timing rapido 6) Fisica dei plasmi 7) Fluorescenza X 8) Radioattività naturale & Radon Counting. Nei primi cinque 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 connesse.

Modalita' di esame :

Relazione scritta di gruppo sulle tre esperienze realizzate. Colloquio individuale con presentazione di una delle esperienze e possibili brevi domande sulle altre due. La presentazione prevede la descrizione del fenomeno fisico da esplorare, l'apparato strumentale con elettronica associata, le modalità di acquisizione ed analisi dati.

Criteri di valutazione :

Valutazione della capacità mostrata dallo studente in laboratorio. Valutazione delle relazioni scritte e dell'abilità dello studente nel presentare e discutere le esperienze realizzate.

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense disponibili in rete.

QUANTUM FIELD THEORY

(Titolare: Prof. MARCO MATONE) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Meccanica quantistica relativistica. Equazione di Klein-Gordon. Equazione di Dirac. Quantizzazione canonica del campo scalare e del campo fermionico.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso è incentrato sulla formulazione perturbativa della teoria quantistica dei campi. In particolare, le competenze e abilità da acquisire riguardano una buona conoscenza della formulazione path-integral della teoria dei campi, sia nel caso scalare che fermionico. Parte del corso riguarda la formulazione path-integral dell'elettrodinamica quantistica e la teoria della rinormalizzazione.

Oltre a tali conoscenze lo studente dovrà essere in grado di calcolare i contributi fino a 2-loop nel caso scalare (ϕ^4) e a 1-loop nel caso dell'elettrodinamica quantistica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il metodo d'insegnamento è basato su una presentazione consequenziale "ab-initio" della formulazione path-integral della teoria dei campi quantistici.

Contenuti :

INTRODUZIONE. Aspetti generali delle teorie di campo quantistiche. Formulazioni perturbative e non perturbative. Teoremi di Wigner e di von Neumann, rottura spontanea di simmetria. Teorema di Elitzur. Formulazione minkowskiana e euclidea.

Cenni sulla formulazione assiomatica: assiomi di Wightman, funzioni di Wightman, teorema di ricostruzione di Wightman. Funzioni di Schwinger e teorema di ricostruzione di Osterwalder e Schroeder.

FORMALISMO OPERATORIALE. Covarianza dell'equazione di Dirac. Teorema Spin statistica. Teorema PCT. Formula di riduzione di Lehman, Symanzik e Zimmerman.

PATH-INTEGRAL IN MECCANICA QUANTISTICA. Articolo di Dirac alla base dell'idea di Feynman. Oscillatore armonico forzato. Ampiezza vuoto-vuoto. Rotazione di Wick. Lagrangiane quadratiche. Effetto Bohm-Aharonov.

PATH-INTEGRAL PER LE TEORIE SCALARI. Derivata funzionale. Proprietà generali dell'integrale sui cammini per le teorie scalari. Metodi di convergenza. Propagatore di Feynman. Funzioni di Green. Azione effettiva. Equazione di Schwinger-Dyson. Il caso ϕ^4 . Linked-cluster theorem. Formulazione nell'euclideo. Tecniche di calcolo dei determinanti funzionali, l'equazione del calore. Proprietà di scaling della costante d'accoppiamento, dei determinanti e anomalia sotto dilatazioni. Regole di Feynman. Calcolo di alcuni diagrammi di Feynman per ϕ^4 . Funzioni proprie di vertice e teorema di Jona-Lasinio.

RINORMALIZZAZIONE. Divergenze ultraviolette e infrarosse. Regolarizzazione dimensionale. Teorie super-rinormalizzabili, rinormalizzabili e non-rinormalizzabili. Controtermini. Relazione tra le funzioni proprie di vertice rinormalizzate e nude. Prescrizioni di rinormalizzazione. La funzione beta. Polo di Landau. Punti fissi ultravioletti e infrarossi. Libertà asintotica e confinamento.

PATH-INTEGRAL FERMIONICO. Integrazione su variabili grassmaniane.

Integrale sui cammini per i campi fermionici liberi. Regole di Feynman per campi spinoriali. Determinanti fermionici.

ELETTRODINAMICA QUANTISTICA. Simmetrie di gauge. Regole di Feynman per il campo di gauge. Gauge fixing. Calcolo dei diagrammi di Feynman a 1-loop della QED. Identità di Ward. Momento magnetico anomalo dell'elettrone. Rinormalizzazione della QED.

Modalità di esame :

L'esame consiste in una prova orale sul programma svolto. La prova inizia con il calcolo esplicito di un diagramma di Feynman (ϕ^4 o QED) scelto dallo studente. Successivamente saranno verificate le conoscenze e competenze dello studente con domande sui vari argomenti del corso. Non sono comunque richiesti i dettagli delle dimostrazioni dei teoremi introdotti nel corso.

Criteri di valutazione :

Si valuterà il grado di conoscenza e padronanza della materia raggiunto dallo studente. Dovrà mostrare di aver acquisito una buona conoscenza della formulazione path integral delle teorie di campo quantistiche. Ci si riguarda sia la struttura logica generale, che gli aspetti matematici e le motivazioni fisiche.

Testi di riferimento :

Itzykson, Claude; Zuber, Jean-Bernard, Quantum field theory Claude Itzykson and Jean-Bernard Zuber. Mineola: Dover, 2005

S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields. Vol I. : Cambridge University Press, 2005

Peskin, Michael E.; Schroeder, Daniel V., An introduction to quantum field theory Michael E. Peskin, Daniel V. Schroeder. : Westview Press, 1995

M. Matone & Students, QFT. : , 2018

Pierre Ramond, Field Theory: A Modern Primer, 2nd Edition. : Addison-Wesley, 1989

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Tra gli scopi del corso vi è quella di fornire una derivazione step-by-step di tutti i passaggi necessari per una consistente formulazione path integral della teoria dei campi quantistici. Per questo saranno forniti dettagli sugli aspetti più delicati e dimostrati teoremi raramente trattati in letteratura. A tal fine i testi includono le note

<https://www2.pd.infn.it/~matone/QFTCourseNotes.pdf>

alla cui stesura hanno contribuito gli stessi studenti. Gli studenti sono incoraggiati a fornire ulteriori contributi.

RADIOACTIVITY AND NUCLEAR MEASUREMENTS

(Titolare: Prof. MARCO MAZZOCCO)

- Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics
Tipologie didattiche: 32A+16E; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Frequenza dei corsi di Istituzioni di Fisica Nucleare e Fisica Nucleare

Conoscenze e abilità da acquisire :

Introduzione alla Fisica Nucleare "contemporanea". Verranno presentate le principali linee di ricerca sperimentale in Fisica Nucleare con particolare attenzione all'attività svolta presso i Laboratori Nazionali di Legnaro e alla sperimentazione con Fasci Radioattivi Accelerati.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Le lezioni frontali prevedono l'ausilio di videoproiezioni ed eventualmente della lavagna.

Contenuti :

I decadimenti radioattivi: (richiami/approfondimento). Richiami di interazione delle particelle cariche e neutre con la materia nel range di energia della fisica nucleare e di tecniche di rivelazione.

Misure nucleari a bassa energia: Acceleratori di ioni: sorgente di ioni, trasporto del fascio, analisi magnetica. Spettrometri magnetici, rivelatori di neutroni, particelle cariche e radiazione gamma.

Dinamica delle reazioni con ioni pesanti: i diversi tipi di reazioni nucleari dalla diffusione elastica alla fusione completa. Tecniche specifiche di identificazione dei prodotti di reazione, telescopi di rivelatori. Misure di sezioni d'urto ad energie attorno alla barriera coulombiana. Misure di distribuzioni angolari e di funzioni di eccitazione.

Spettroscopia gamma: calibrazione in energia degli spettri gamma, calcolo dell'efficienza energetica, calcolo dell'attività. Distribuzione angolare gamma, multipolarità e polarizzazione. La correlazione angolare e la descrizione dello stato nucleare con il tensore statistico.

Misure di vita media di stati eccitati: metodo elettronico, plunger, DSAM, Mossbauer.

Fasci radioattivi: Metodi di produzione di ISOL e IN-FLIGHT: Reazioni con fasci secondari ISOL: Eccitazione coulombiana, trasferimento nucleoni. Reazioni con fasci secondari relativistici: eccitazione coulombiana e inelastica, knock-out, scambio di carica. Decadimento beta: misure con Isol, In-flight, Total absorption spectrometry. Beta-delayed neutron emission.

Astrofisica nucleare: Cenni alle reazioni nucleari nelle stelle e alla sintesi degli elementi, Gamow peak, S-factor. Derivazione della velocità di reazione termonucleare. Dipendenza dalla temperatura della velocità di reazione nucleare. Cicli di combustione: combustione dell'idrogeno mediante la catena p-p e il ciclo CNO. Combustione dell'elio con reazioni 3-alfa e alfa + C. Reazioni di combustione nucleare avanzata. Misure di sezioni d'urto rilevanti: misure dirette underground, misure indirette Trojan-Horse, ecc.

Tecniche di misure di bassa radioattività: Il problema della radioattività ambientale, caratteristiche di un buon materiale schermante, panoramica sui materiali schermanti (piombo, ferro, rame OFHC, mercurio). Il Rn come contaminante in misure di bassa radioattività.

Radioattività intrinseca del rivelatore. Effetti della radiazione cosmica.

Applicazioni: La datazione con radionuclidi. I radionuclidi in medicina nucleare. La fusione di nuclei leggeri per la produzione di energia.

Cenni sui reattori nucleari. Spettrometria di massa con acceleratori per analisi in traccia. Analisi non distruttive con attivazione da neutroni.

Modalità di esame :

Esame orale sugli argomenti coperti durante il corso. E' prevista anche una parte di approfondimento personale.

Criteri di valutazione :

Preparazione dello studente.

Chiarezza espositiva.

Livello di approfondimento personale.

Testi di riferimento :

Knoll, Glenn F., Radiation detection and measurement Glenn F. Knoll. New York etc.: Wiley & Sons, 0

Krane, Kenneth S., Introductory nuclear physics Kenneth S. Krane. Hoboken: NJ, Wiley, 1987

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Monografie, articoli di rassegna ed articoli su riviste scientifiche consigliati dal docente durante le lezioni.

Trasparenze delle lezioni svolte in aula.

STANDARD MODEL

(Titolare: Prof. PARIDE PARADISI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Gli studenti dovranno essere famigliari con gli aspetti fondamentali della teoria dei campi, l'elettrodinamica quantistica e il calcolo delle ampiezze per i processi fisici tramite i diagrammi di Feynman.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Famigliarità con i principali aspetti delle interazioni elettrodeboli alla luce dei più recenti risultati sperimentali.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali con illustrazione della teoria elettrodebole mediante problemi svolti ed esercizi.

Contenuti :

Riepilogo costruzione Lagrangiana per il Modello Standard; interazioni Yukawiane e fisica del sapore; aspetti della fisica del mesone B; termini di massa per i neutrini, mescolamento leptonic e oscillazioni dei neutrini nel vuoto e nella materia; anomalie e il decadimento del pione in due fotoni; tests di precisione del Modello Standard; produzione e decadimento del bosone di Higgs. Il Modello Standard come una teoria effettiva e il problema della gerarchia. Evoluzione delle costanti di accoppiamento di Gauge: unificazione degli accoppiamenti, libertà asintotica e confinamento. Teorie di grande unificazione.

Modalità di esame :

Esame orale

Criteri di valutazione :

L'esame orale e' volto a valutare la assimilazione da parte dello studente delle proprietà delle Interazioni Elettrodeboli e la loro corretta applicazione nel contesto di semplici problemi.

Testi di riferimento :

Peskin, Michael E.; Schroeder, Daniel V., *An introduction to quantum field theory.* : Mass., Addison-Wesley, 1995
Schwartz, Matthew Dean, *Quantum field theory and the standard model.* : Cambridge univ. press, 2014
Cheng, Ta-Pei; Li, Ling-Fong, *Gauge theory of elementary particle physics.* : Clarendon Press, 1984
L. B. Okun, *Leptons and Quarks.* : North-Holland, 1982

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Appunti dalle lezioni.

SUBNUCLEAR PHYSICS

(Titolare: Prof. FRANCO SIMONETTO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare, istituzioni di meccanica quantistica, dinamica relativistica, teoria quantistica dei campi, grafici di Feynman, interazione radiazione materia

Conoscenze e abilità da acquisire :

Fondamenti e metodologie sperimentali per lo studio della Fisica Subnucleare. Fenomenologia del Modello Standard: interazioni forti, elettromagnetiche, deboli, organizzazione delle particelle elementari, spettroscopia adronica. Capacità di stimare, almeno per ordini di grandezza, le frequenze e le sezioni d'urto dei processi di maggiore interesse. Stato dell'arte e prospettive.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali alla lavagna. Esercizi numerici. Lezioni con proiettore.

Contenuti :

Richiami dei concetti fondamentali : classificazione delle particelle elementari sulla base dei numeri quantici dettati da simmetrie e leggi di conservazione. Vita media. Risonanze e distribuzione di Breit Wigner.

QED, richiami di teoria, processi a livello albero e ordini superiori. Running coupling constant. Verifiche sperimentali: successi e problemi.

Interazioni deboli di leptoni e quark. Costante di Fermi (G_f), bosoni intermedi massivi, relazione tra G_f e M_W . Decadimenti del muone e del tau: universalità leptonica. Violazione di P e C nei processi deboli. Altri decadimenti deboli: beta decay di nuclei, barioni e mesoni: soppressione "per elicità". Interazioni di neutrini. Rottura spontanea di simmetria e bosone di Higgs. Misure a LEP e a LHC. Stato e prospettive

QCD. Struttura degli adroni. Annichilazione $e\bar{e}$ in adroni. Deep inelastic scattering e funzioni di struttura.

Fisica del sapore adronico: cenni sulla matrice CKM. Oscillazioni di sapore e violazione di CP . Stato e prospettive.

Modalità di esame :

Esame scritto: soluzione di esercizi numerici, domande a risposta multipla, discussione su temi aperti; esame orale: a scelta interrogazione aperta sull'intero programma svolto, oppure discussione specifica su di un articolo pertinente scelto dallo studente tra quelli proposti a lezione.

Criteri di valutazione :

scritto : 10 punti (minimo 5) ; orale 20 punti (minimo 10) ; minimo complessivo 18.

Testi di riferimento :

Halzen, Francis; Martin, Alan Douglas, *Quarks and leptons an introductory course in modern particle physics* Francis Halzen, Alan D. Martin. New York [etc.]: J. Wiley, 0

Perkins, Donald H., *Introduction to high energy physics* Donald H. Perkins. Menlo Park: CA [etc.], Addison-Wesley, 0

Bettini, Alessandro, *Introduction to elementary particle physics* Alessandro Bettini. Cambridge: Cambridge University Press, 2014

De_Angelis, Alessandro; Pimenta, Mário João Martins, *Introduction to particle and astroparticle physics* questions to the Universe Alessandro De Angelis, Mário João Martins Pimenta. Milan [etc.]: Springer, 2015

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Appunti dalle lezioni, libri di testo. Si potranno scaricare da moodle copie delle diapositive mostrate.

THEORETICAL PHYSICS

(Titolare: Prof. STEFANO RIGOLIN) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Istituzioni di Fisica Teorica

Conoscenze e abilità da acquisire :

Conoscenza e comprensione degli strumenti principali per la descrizione di una teoria quantistica di campo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali di teoria e esercizi

Contenuti :

Gruppo di Lorentz e di Poincaré e loro rappresentazioni. Equazioni d'onda relativistiche. Introduzione alla teoria di campo classica:

Lagrangiana e principio variazionale, teorema di Noether, teoria di campo di Schrodinger, Klein-Gordon, Dirac e Elettromagnetica.

Quantizzazione canonica di una teoria di campo relativistica libera. Teorica quantistica di campo interagente: espansione di matrice e regole di Feynman. Regole di Feynman della QED.

Modalità di esame :

Esame scritto e orale

Criteri di valutazione :

Verifica della comprensione dei contenuti del corso e della capacità di svolgere esercizi ad esso attinenti

Testi di riferimento :

B.C. Hall, *Lie groups, Lie algebras and Representations. An elementary introduction..* : Springer-Verlag, 2004
R. Dâ€™Auria, M. Trigiante, *From Special Relativity to Feynman Diagrams.* : Springer, 2011
F. Mandl, G. Shaw, *Quantum Field Theory (2nd edition).* : John Wiley and Sons, 2010

THEORETICAL PHYSICS OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS

(Titolare: Prof. PIERPAOLO MASTROLIA) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Il corso richiede una conoscenza di base in fisica teorica e teoria quantistica dei campi, per campi liberi.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Come interagiscono le particelle.

Diagrammi di Feynman, Ampiezze e Sezioni d'urto.

Elettrodinamica quantistica.

Principi di Correzioni Radiative e Rinormalizzazione.

Teorie di gauge Abelian e non-Abelian.

Cromodinamica quantistica.

Unificazione Elettrodebole.

Meccanismo di Higgs e Modello Standard.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali ed esercizi

Contenuti :

Programma:

1. Elettrodinamica Quantistica.

Regole di Feynman e processi di scattering a livello di albero: diffusione di Rutherford, diffusione di Compton, Bhabha scattering, Bremsstrahlung.

2. Fondamenti di Correzioni radiative e Rinormalizzazione.

3. Teorie di gauge non-Abelian: derivate covarianti e campi di gauge, termini cinetici per i campi di gauge e autointerazione.

4. La teoria di gauge SU(3) e la Cromodinamica Quantistica.

L'algebra del "colore".

Regole di Feynman ed ampiezze di scattering per gluoni e quarks ad ordine albero.

5. Introduzione all'interazione Debole.

Teoria di Fermi: regole di Feynman e decadimento del muone.

La teoria di gauge SU(2) x U(1) e l'unificazione elettrodebole.

6. Rottura spontanea di una simmetria: rotture di una simmetria discreta; rottura di una simmetria U(1) globale; teorema di Goldstone; il meccanismo di Higgs.

7. Rottura spontanea della simmetria elettrodebole e doppietto di Higgs.

8. La Lagrangiana del Modello Standard.

Modalità di esame :

Prova scritta e prova orale

Criteri di valutazione :

Il superamento della prova scritta e' necessario per l'ammissione alla prova orale.

Testi di riferimento :

M.D. Schwartz, *Quantum Field Theory and the Standard Model.* : Cambridge University Press, 2014

M.E. Peskin, D.V. Schroeder, *An Introduction to Quantum Field Theory.* : Addison-Wesley Publishing Company,

F. Mandl and G. Shaw, *Quantum Field Theory.* : Wiley,

Curriculum: Physics of matter

ADVANCED PHYSICS LABORATORY A

(Titolare: Prof. GIAMPAOLO MISTURA) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 16A+32L; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Laboratori degli anni precedenti e conoscenze di base di elettronica e ottica.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Capacit  di progettare e realizzare autonomamente un apparato sperimentale di misura. Capacit  di analizzare criticamente i risultati per individuare possibili cause di errori sistematici. Capacit  di utilizzare le conoscenze acquisite nel percorso di studi per analizzare i dati e ottenere una misura affidabile di una data grandezza fisica.

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso ha un carattere prettamente sperimentale. Gli studenti partecipanti saranno ripartiti in gruppi da 2 - 3 persone ai quali sar  affidata la realizzazione di una esperienza di fisica da scegliere a piacere fra quattro tipologie di esperimenti: elettronica, ottica, fisica delle particelle, fisica nucleare e fisica dello stato solido. Sono previste anche delle lezioni frontali nelle quali verranno dati elementi generali di fisica sperimentale.

Contenuti :

Tecniche generali di fisica sperimentale moderna. In particolare saranno approfonditi elementi di elettronica, ottica, criogenia e tecnica del vuoto.

Modalita' di esame :

Relazione scritta ed esame orale.

Criteri di valutazione :

Autonomia nello svolgimento dell'esperienza, capacit  di analisi critica dei risultati. Saranno inoltre valutate positivamente soluzioni originali proposte dallo studente al fine di condurre o migliorare le esperienze proposte.

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense scritte dai responsabili del corso scaricabili dal web.

ADVANCED PHYSICS LABORATORY B

(Titolare: Dott. MARCO BAZZAN) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 16A+32L; 6,00 CFU

BIOLOGICAL PHYSICS

(Titolare: Prof. MARIO BORTOLOZZI)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Il materiale didattico e le lezioni del docente saranno in inglese.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Il corso si propone di illustrare agli studenti alcune delle pi  stimolanti sfide culturali e scientifiche lanciate dalla biologia moderna e di mostrare loro come applicare i metodi della fisica per dare risposte e sviluppare nuovi modelli e nuove teorie. Insieme a conoscenze fondamentali di biologia e biofisica, lo studente acquisir  la capacit  di svolgere simulazioni numeriche mediante l'utilizzo del software Matlab.

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali ed esercizi in aula.

Contenuti :

Acidi nucleici, proteine e lipidi: struttura della cellula vivente, il dogma centrale della biologia, struttura primaria del DNA, la struttura a doppia elica.

Forze molecolari nelle strutture biologiche: origine elettrica delle energie di interazione, interazioni tra cariche e dipoli permanenti, dipoli indotti, forze di dispersione, legami idrogeno, repulsione sterica.

Propriet  elementari degli ioni in soluzione: random walk, elettrodiffusione, equazione di Nernst-Planck, sfere di idratazione e coefficienti di diffusione di piccoli ioni.

Propriet  elementari dei canali: la membrana come capacitore, conduttanza di singolo canale e selettivit  ionica. Il canale K+.

Permeabilit  selettiva delle membrane: le equazioni di Goldman-Hodgkin-Katz, permeabilit  dei canali a ioni diversi, il potenziale d  azione dei neuroni.

Permeabilit  selettiva dei canali: modelli a singolo e multi ione, applicazioni ai canali Na+ e K+.

Meccanismi di apertura-chiusura dei canali: modelli ed esperimenti di patch-clamp. Agenti bloccanti dei canali.

Simulazioni numeriche al livello atomico: algoritmi generali di simulazione, condizioni periodiche al contorno, termostati e barostati.

Configurazione energetica: minimizzazione dell'energia, interazioni e forze field, potenziale Lennard Jones, interazioni elettrostatiche, legami chimici, polarizzazioni.

Dinamica delle proteine: analisi delle traiettorie, deviazioni, fluttuazioni, correlazioni. Ponti salini.

Tecniche avanzate: calcoli di energie libere, potenziale di forza media.

Struttura e funzione dei canali di membrana: calcolo di conduttanze e permeabilità di singolo canale di connessina.

Modalità di esame :

La verifica finale consiste in una prova scritta a risposte multiple riguardante gli argomenti del corso ed la simulazione in Matlab di un semplice modello biologico.

Criteri di valutazione :

La prova d'esame mira ad accertare l'acquisizione delle conoscenze di base fornite dal corso, nonché la capacità di comprendere e risolvere problemi biofisici.

Testi di riferimento :

M. Daune, *Molecular Biophysics*. : Oxford University Press, 1999

Meyer B. Jackson, *Molecular and Cellular Biophysics*. : Cambridge University Press, 2006

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Slide Power Point, filmati e dispense fornite dal docente.

BIOPHOTONICS

(Titolare: Prof. FABIO MAMMANO)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Fisica Biologica

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso ha come scopo quello di fornire conoscenze approfondite di 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. Il corso si propone specificamente di far acquisire allo studente la capacità di progettare esperimenti di microscopia ottica per una vasta gamma di potenziali applicazioni biologiche.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali

Contenuti :

Fondamenti di ottica. 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 di campi e spettri. Propagazione della luce come filtro spaziale lineare.

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

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.

Microscopia in 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.

Microscopia di 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.

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

Microscopia STED 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.

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

Modalità di esame :

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale. Lo scritto prevede lo svolgimento di temi su argomenti sviluppati durante il corso.

L'orale consiste nella presentazione da parte dello studente di uno o più articoli originali relativi a tecniche di super-risoluzione ottica.

Criteri di valutazione :

La valutazione della preparazione dello studente si baserà sulla comprensione degli argomenti svolti, sull'acquisizione dei concetti e delle metodologie proposte e sulla capacità di applicarli in modo autonomo e consapevole.

Testi di riferimento :

Born M, Wolf E, *Principles of Optics - 7th expanded edition*. . Cambridge (U.K.): Cambridge University Press, 1999

Tinnefeld P, Eggelin C, Hell S (Editors), *Far-Field Optical Nanoscopy - Springer Series on Fluorescence (Book 14)*. New York: Springer, 2016

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Appunti di lezione

COMPUTATIONAL METHODS IN MATERIAL SCIENCE

(Titolare: Prof. FRANCESCO ANCILOTTO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Scienza dei Materiali (Ord. 2015)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Elementi di fisica quantistica e di fisica dello stato solido.
Concetti di base di termodinamica: principi, potenziali termodinamici.
Non sono richieste conoscenze di programmazione.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso si propone di fornire agli studenti le basi per la comprensione dei metodi computazionali usati nell'ambito della scienza dei materiali. Questo permetterà allo studente:
- di comprendere come i metodi computazionali possano essere usati per capire e predire il comportamento dei materiali e la relazione tra le proprietà macroscopiche e la struttura microscopica della materia;
- di riconoscere le tecniche numeriche adatte per le diverse scale spaziali e temporali;
- di valutare le assunzioni e delle approssimazioni che stanno alla base delle diverse tecniche di calcolo.

Alla fine del corso lo studente sarà in grado di giudicare in maniera critica potenzialità e limiti dei metodi computazionali usati per lo studio dei materiali e di valutare la qualità delle simulazioni riportate in letteratura. Inoltre avrà raggiunto una maggiore comprensione dell'origine microscopica del comportamento fisico della materia. Infine avrà acquisito le nozioni di base per l'impiego di alcuni comuni pacchetti di calcolo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso verrà tenuto dal prof. Francesco Ancilotto e dalla prof. Alberta Ferrarini.
Il corso prevede lezioni d'aula ed esercitazioni al computer in aula informatica.

Contenuti :

Richiami di termodinamica e meccanica statistica classica.
Simulazioni di Dinamica Molecolare classica; integrazione numerica delle equazioni di Newton.
Metodi Monte-Carlo; algoritmo di Metropolis. Simulazioni in diversi ensemble statistici.
Aspetti comuni dei metodi di simulazione: condizioni iniziali e condizioni al contorno; calcolo delle interazioni tra particelle.
Calcolo di grandezze termodinamiche e di proprietà di trasporto.
Interazioni intermolecolari; campi di forze (force fields); modelli atomistici e 'coarse grained'.

Metodi variazionali per la soluzione di equazioni di Schrodinger.

Teoria di Hartree e Hartree-Fock.

Elementi di Teoria del Funzionale Densità (DFT).

Simulazioni "da principi primi".

I diversi metodi verranno discussi in relazione ad applicazioni a problemi di interesse per la scienza dei materiali (cristalli, superfici, soft matter, materiali nanostrutturati).

Il corso è integrato da esercitazioni al computer.

Nelle esercitazioni lo studente effettuerà semplici simulazioni usando pacchetti di calcolo open-source che vengono correntemente usati per lo studio dei materiali, e imparerà a interpretare e a presentare i risultati delle simulazioni.

Modalità di esame :

Esame orale in cui lo studente discuterà elaborati scritti in cui vengono riportati i risultati di tre simulazioni numeriche (calcoli Monte Carlo, di Dinamica Molecolare e DFT).

Criteri di valutazione :

Comprensione dei principali concetti che stanno alla base di metodi per la simulazione numerica di proprietà della materia condensata.
Capacità di interpretare e presentare i risultati di simulazioni fatte al computer.

Testi di riferimento :

M. P. Allen, D. J. Tildesley, Computer simulation of liquids. Oxford: Oxford University Press, 1987
R. LeSar, Introduction to Computational Materials Science. Cambridge: Cambridge University Press, 2013
D. Frenkel, B. Smit, Understanding Molecular Simulations, 2nd edition. San Diego: Academic Press, 2002

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense e copie di diapositive forniti dai docenti. Il materiale didattico verrà messo a disposizione nel sito web dei docenti.
Ulteriore materiale di approfondimento (articoli di tipo generale o su argomenti specifici, manuali d'uso dei programmi di calcolo, ..) verranno condivisi in dropbox.

GENERAL RELATIVITY

(Titolare: Prof. GIANGUIDO DALL'AGATA) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Si consiglia Fisica Teorica.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso fornisce una introduzione alle basi teoriche e fenomenologiche della Relatività Generale. Lo studente dovrà anche appropriarsi delle tecniche di base per costruire e studiare le proprietà delle soluzioni delle equazioni di Einstein.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali. Esercitazioni settimanali.

Contenuti :

Geometria Riemanniana; Forme differenziali; Il principio di equivalenza; Equazioni di Einstein; Soluzione di Schwarzschild, limite Newtoniano; test sperimentali; spazi massimamente simmetrici; Buchi neri (Diagrammi di Penrose, buchi neri carichi e rotanti); Termodinamica dei buchi neri.

Modalità di esame :

Orale con domande su argomenti svolti a lezione e soluzione di un problema.

Criteri di valutazione :

Conoscenza e comprensione dei contenuti del corso, abilità nella soluzione di problemi elementari legati ai contenuti del corso.

Testi di riferimento :

S. Carroll, *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*. : Addison-Wesley, 2003
 A. Zee, *Einstein Gravity in a Nutshell*. : Princeton University Press, 2013
 F. de Felice, C.J.S. Clarke, *Relativity on curved manifolds*. : Cambridge University Press, 1992
 S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology* \hat{c} ™. : Wiley, 1972

INTRODUCTION TO MANY BODY THEORY

(Titolare: Prof. PIER LUIGI SILVESTRELLI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Metodi Matematici

Conoscenze e abilità da acquisire :

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.

Contenuti :

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.

Modalità di esame :

Orale pi \hat{c} eventuali esercizi in itinere.

Criteri di valutazione :

Conoscenze teoriche di base e capacità di applicazione del formalismo in casi di interesse fisico.

Testi di riferimento :

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

INTRODUCTION TO NANOPHYSICS

(Titolare: Prof. GIOVANNI MATTEI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Scienza dei Materiali (Ord. 2015)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 32A+20L; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Fisica Quantistica (particella nella scatola, confinamento quantico), Fisica dello Stato Solido (struttura fononica ed elettronica dei solidi, proprietà termiche e proprietà ottiche)

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso si prefigge i seguenti obiettivi formativi:

- Fornire le basi per la comprensione delle proprietà chimiche e fisiche dei materiali nanodimensionali che sono alla base delle loro potenziali applicazioni nel campo delle nanotecnologie.
- Presentare alcune tecniche di sintesi e caratterizzazione di nanostrutture confinate (nanocluster) con applicazioni nanotecnologiche in fotonica, in plasmonica e nel magnetismo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso prevede lezioni frontali tenute dal Prof. G. Mattei (Modulo A) e dai Prof. S. Agnoli e Prof. M. Meneghetti (Modulo B).

Il Modulo A prevede esercitazioni di laboratorio come applicazione dei contenuti visti a lezione (sintesi, caratterizzazione ottica e

simulazione con la teoria di Mie di nanoparticelle metalliche in soluzione e loro caratterizzazione con microscopia elettronica).

Contenuti :

Modulo A (4 CFU)

- Classificazione, caratteristiche e proprietà generali dei materiali nanostrutturati: confinamento quantico e proprietà elettroniche.

Equazioni di taglia.

Proprietà termodinamiche di nanostrutture: effetto di taglia termodinamico, nucleazione (equazione di Gibbs-Thomson) e crescita di nanostrutture (regimi di aggregazione limitata dalla diffusione e Ostwald ripening)

Nanostrutture in matrice solida: impianto ionico per la sintesi e la modifica di nanostrutture metalliche. Verifica dei regimi di nucleazione e crescita.

Proprietà ottiche di nanostrutture: (i) proprietà plasmoniche di nanostrutture metalliche (Teoria di Mie e sue estensioni); (ii) confinamento quantico e fotoluminescenza in semiconductor quantum dots.

Proprietà magnetiche di nanostrutture: super-paramagnetismo

Tecniche di caratterizzazione di nanostrutture: la microscopia elettronica in trasmissione (TEM) e in scansione (SEM).

Modulo B (4 CFU)

- Panoramica sui metodi di preparazione delle nanostrutture (sia top-down che bottom-up, con particolare enfasi sulle seconde). Aspetti strutturali ed energetici delle nanostrutture e metodi per la loro stabilizzazione. Difetti nei materiali nanodimensionali. Solidi a porosità controllata. Forme delle nanoparticelle: aspetti termodinamici e cinetici. Nanoparticelle core-shell. Autoassemblaggio ed autoorganizzazione. Metodo colloidale. Effetto templante. Preparazione di nanoparticelle, nanowires, nanotubes, films ultrasottili. Self-assembled Monolayers. Films di Langmuir e Langmuir-Blodgett. Interfacce coerenti, semi-coerenti, epitassiali e pseudomorfe. Metodi per crescita di films ultrasottili: CVD, MBE, PVD, ALE e PLD.

- Richiamo delle equazioni fondamentali per la descrizione della dinamica di elettroni e fotoni. Proprietà della materia che consentono il confinamento di elettroni e fotoni. Densità degli stati per sistemi confinati in una, due o tre dimensioni.

Proprietà di nanostrutture di carbonio a bassa dimensionalità: grafene e nanotubi. Descrizione tight binding delle loro proprietà di conduzione, ottiche (assorbimento ed emissione) e di scattering Raman (Kataura plots).

Modelli per il confinamento elettronico in quantum dots nel regime di debole e forte confinamento.

Confinamento di elettroni in nano particelle metalliche e proprietà plasmoniche. Condizione di Froehlich e proprietà ottiche a campo prossimo e lontano. Effetto SERS con nano strutture plasmoniche.

Cenni al confinamento di fotoni in cristalli fotonici.

*** MUTUAZIONE ***

Fondamenti di NanoFisica "Laurea Magistrale in Fisica (6 CFU)

Il Modulo A del presente corso viene mutuato da parte del corso di 'Fondamenti di NanoFisica' della LM in Fisica. Per tale corso sono previsti 2 CFU addizionali con i seguenti contenuti:

- Richiamo delle equazioni fondamentali per la descrizione della dinamica di elettroni e fotoni;

- Confinamento di elettroni e fotoni in sistemi nanostrutturati:

(i) Confinamento di fotoni in cristalli fotonici;

(ii) Confinamento di elettroni in nanoparticelle metalliche;

(iii) Confinamento di elettroni in quantum dots.

Sono inoltre previste delle attività pratiche: (i) sintesi di nanoparticelle sferiche di Au in soluzione; (ii) misura del loro spettro di trasmittanza UV-VIS; (iii) simulazione degli spettri misurati tramite la teoria di Mie; (iv) caratterizzazione tramite microscopia elettronica.

Modalità di esame :

L'esame consiste in una prova scritta (durata 2 ore) che prevede due domande aperte e una serie di quiz a risposta multipla.

*** MUTUAZIONE ***

L'esame consiste in una prova scritta (durata 2 ore) che una domanda aperta e un esercizio di applicazione numerica dei concetti appresi.

Criteri di valutazione :

La valutazione della preparazione si baserà sulla comprensione degli argomenti svolti e sulla capacità di fare collegamenti fra diversi argomenti.

Si valuteranno anche le relazioni scritte presentate sulla parte di esercitazione pratica.

Testi di riferimento :

R. Kelsall, I. Hamley, M. Geoghegan, Nanoscale Science and Technology. : J.Wiley& Sons, 2005

C. Bohren, D. Huffman, Absorption and scattering of light by small particles. : Wiley-Interscience, 2004

P. Prasad, Nanophotonics. : Wiley-Interscience, 2004

G. Cao, Nanostructures and Nanomaterials. : Imperial College Press, 2004

S. Maier, Plasmonics, fundamentals and applications. : Springer, 2007

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Verranno fornite dispense da parte dei Docenti. Gli argomenti e i contenuti trattati potranno essere approfonditi e/o integrati sui testi indicati nella sezione 'Testi di Riferimento'.

INTRODUCTION TO RESEARCH ACTIVITIES

(Titolare: Prof. ALBERTO CARNERA) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Non Ã richiesto alcun requisito specifico

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Lo studente acquisirÃ esperienza sull'organizzazione, svolgimento, presentazione e discussione dei risultati di una attivitÃ di ricerca.

Contenuti :

Lo studente parteciperÃ ad uno stage estivo della durata di circa 150 ore in un gruppo di ricerca del Dipartimento o di un laboratorio associato o presso una struttura esterna approvata.

La lista delle attivitÃ proposte sarÃ disponibile nel sito del "Corso di Laurea Magistrale" per la fine della primavera e gli studenti potranno scegliere fra le proposte pubblicate. L'attivitÃ verra svolta sotto la supervisione di un tutor.

Modalita' di esame :

Orale. Presentazione e discussione dei risultati della ricerca

Criteri di valutazione :

Verranno valutati la chiarezza, la capacitÃ di sintesi e la comprensione del contesto scientifico dell'attivitÃ svolta

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

MATHEMATICAL PHYSICS

(Titolare: Prof. PAOLO ROSSI)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Basi di algebra e geometria differenziale (le nozioni basilari di geometria differenziale saranno richiamate all'inizio del corso solo se necessario).

Nozioni di base di meccanica hamiltoniana e/o meccanica quantistica sarebbero utili per contestualizzare il contenuto del corso, ma non sono strettamente necessarie.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Alla fine del corso lo studente dovrebbe essere in grado di navigare la letteratura tecnica sull'argomento e di leggere e comprendere almeno una parte degli articoli di ricerca. Dovrebbe acquisire le capacitÃ necessarie a risolvere problemi applicando nozioni e metodi discussi nel corso.

AttivitÃ di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso viene erogato tramite lezioni frontali alla lavagna.

Contenuti :

Sistemi hamiltoniani su varietÃ di Poisson

(algebre di Poisson, teoria delle deformazioni, varietÃ di Poisson e loro geometria, ...).

IntegrabilitÃ

(richiami sull'integrabilitÃ di Arnold-Liouville, rappresentazione di Lax, strutture bihamiltoniane, ...).

Elementi di quantizzazione

(idee di base della meccanica quantistica, elementi di quantizzazione per deformazioni, meccanica quantistica nello spazio delle fasi, ...).

PDE evolutive hamiltoniane

(come sistemi hamiltoniani infinito-dimensionali, teoria moderna delle PDE integrabili, ...).

Modalita' di esame :

Da determinarsi anche in base al numero di studenti, ma probabilmente una prova scritta relativamente semplice il superamento della quale garantisce l'accesso ad un'esposizione orale nella forma di un breve seminario e alcune domande. Alternativamente, un esame scritto contenente sia alcuni semplici esercizi che alcune domande di teoria.

Criteri di valutazione :

La valutazione si concentrerÃ primariamente sull'acquisizione da parte dello studente del materiale al centro del corso e sulla sua abilitÃ ad applicarlo alla comprensione e possibilmente alla soluzione di problemi correlati.

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Indiazioni bibliografiche verranno date quando il corso toccherÃ un nuovo argomento, ma le lezioni saranno il piÃ possibile autosufficienti.

MODELS OF THEORETICAL PHYSICS

(Titolare: Prof. AMOS MARITAN) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics of Data (Ord. 2018)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Good knowledge of mathematical analysis, calculus, elementary quantum mechanics and basic physics.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

The purpose of the course is to provide the student with a wide vision on how theoretical physics can contribute to understand phenomena in a variety of fields ranging from classical subjects like diffusion quantum mechanics and more in general to the physics of complex systems. Particular emphasis will be placed on the relationships between different topics allowing for a unified mathematical approach

where the concept of universality will play an important role. The course will deal with a series of paradigmatic physical systems that have marked the evolution of theoretical physics in the last century including the most recent challenges posed by disordered systems with applications to machine learning and neural networks. Each physical problem the modeling and the solution thereof will be described in detail using powerful mathematical techniques.

The first part of the course will provide the basic mathematical tools necessary to deal with most of the subjects of our interest. The second part of the course will be concerned with the key concepts of universality stochastic processes and emergent phenomena which justify the use of field theoretical models of interacting systems. In the third part it will be shown how solutions of quantum systems can be mapped in solutions of diffusion problems and vice versa using common mathematical techniques. The last part will deal with the most advanced theoretical challenges related to non-homogeneous/disordered systems which find applications even outside the physical context in which they arose.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lecture supported by tutorial, assignment, analytical and numerical problems

Contenuti :

Introduction; "The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences (Wigner 1959)"; Gaussian integrals Wick theorem

Perturbation theory connected contributions Steepest descent

Legendre transformation Characteristic/Generating functions of general probability distributions/measures

The Wiener integral geometric characteristics of Brownian paths and Hausdorff/fractal dimension

Brownian paths and polymer physics biopolymer elasticity. The random walk generating function the Gaussian field theory and coupled quantum harmonic oscillators

Levy walks violation of universality

Field theories as models of interacting systems

$O(n)$ symmetric Φ^4 theory. The large n limit: Spherical (Berlin-Kac) model and $1/n$ expansion

Perturbative expansion Universality critical dimensions

Generalized diffusion and stochastic differential equations

Path integrals representation of stochastic processes with general diffusion operator (Brownian motion in curved spaces)

The Feynman-Kac formula: diffusion with sinks and sources

Quantum mechanics (solvable models harmonic oscillator free particle)

Feynman path integrals and the quantum version of the Feynman-Kac formula.

Quantum vs stochastic phenomena: quantum tunneling and stochastic tunneling

Stochastic amplification and stochastic resonance

Nonperturbative methods, instantons

Diffusion in random media and anomalous diffusion

Quantum Mechanics in a random potential localization and random matrices

Statistical physics of random spin systems and the machine-learning problem

Random energy model, replica trick

Cavity method, Random Field Ising Model

Modalità di esame :

Final examination based on: Written and oral examination and weekly exercises proposed during the course

Criteri di valutazione :

Critical knowledge of the course topics. Ability to present the studied material.

Discussion of the student project.

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

NUCLEAR PHYSICS

(Titolare: Prof.ssa SILVIA MONICA LENZI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Meccanica quantistica.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Lo studente approfondirà alcuni degli argomenti visti nel corso di Istituzioni di Fisica Nucleare della Laurea Triennale e sarà introdotto a nuovi argomenti sia sulle reazioni nucleari, sia sulla struttura del nucleo. Il corso fornisce una buona conoscenza delle proprietà del nucleo atomico che implica l'utilizzo di modelli a molti corpi. Inoltre verranno presentati e discussi i problemi più attuali della Fisica Nucleare. Lo studente sarà in grado di interpretare le diverse proprietà e modi di eccitazione dei nuclei.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Le lezioni si svolgono con l'ausilio di slides.

Contenuti :

Programma di Fisica Nucleare 2017/2018

Parte prima: Struttura del nucleo e modelli nucleari

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

Grandezze conservate

Simmetrie nella struttura dei nuclei

Metodi sperimentali per la struttura nucleare

Modelli nucleari:

1) Modelli collettivi:

Modello della goccia liquida, Modello a gas di Fermi: applicazioni, Deformazione nucleare,

Eccitazioni collettive,

Moti vibrazionali,

Moti rotazionali,

Energy Density Functional

2) Modello Microscopici:

Modello di Hartree Fock,

Modello a shell interattivo,

Modello di Nilsson.

Parte Seconda: Reazioni nucleari

Introduzione: proprietà del nucleo

-energia di legame

-equazione semiempirica di massa

-proprietà elettromagnetiche statiche dei nuclei: Momenti di multipolo

Le forze nucleari e il potenziale nucleare

- interazione nucleone-nucleone

- Il deutone

- isospin

- diffusione nucleone-nucleone

- proprietà delle forze nucleari

Reazioni Nucleari

- considerazioni generali: Cinematica delle collisioni a due corpi

- tipi di reazione e le osservabili coinvolte

- diffusione elastica e sezione d'urto di reazione

- reazioni di nucleo composto

- reazioni di Knock-out

Reazioni con Ioni Pesanti

- reazioni di trasferimento quasi-elastico di nucleoni

- aspetti fenomenologici delle reazioni nucleari alla barriera Coulombiana,

- fusione completa, formazione e decadimento del nucleo composto

- reazioni di fusione di interesse astrofisico

- tecniche sperimentali

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

Modalità di esame :

L'esame consiste in una prova orale con eventuale presentazione di un lavoro di ricerca su argomenti diversi proposti dal docente.

Criteri di valutazione :

Buon dominio dei principali argomenti del corso.

Testi di riferimento :

Kris Heyde, *Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics*. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1999

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

I libri di testo e le slides messe a disposizione dai docenti nel sito moodle. Inoltre verrà messo a disposizione altro materiale di rassegna di carattere didattico sugli argomenti più attuali della fisica nucleare teorica, sperimentale e applicata.

OPTICS AND LASER PHYSICS

(Titolare: da definire) - Mutuato da: Laurea magistrale in Scienza dei Materiali (Ord. 2015)

Periodo:

Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo:

Physics of matter

Tipologie didattiche:

48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Concetti appresi nei corsi di Matematica, Fisica 1 e Fisica 2.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso si propone di fornire gli elementi di base per la comprensione dei fenomeni fisici che sono alla base dell'ottica classica e del

funzionamento dei laser e delle loro applicazioni scientifiche. Verranno anche introdotti concetti più avanzati di quantistica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso si sviluppa in lezioni in aula durante le quali si affronteranno gli argomenti teorici e lo svolgimento di esercizi e problemi.

Contenuti :

Richiami di ottica classica:

- propagazione delle onde elettromagnetiche nel vuoto e nella materia,
- polarizzazione della luce, birifrangenza, interferenza, diffrazione,
- ottica geometrica e notazione matriciale, principali strumenti ottici.

Laser:

- l'idea laser e proprietà dei fasci emessi;
- assorbimento, emissione spontanea ed emissione stimolata;
- guadagno e inversione di popolazione;
- risonatori ottici e schemi di pompaggio;
- proprietà di un fascio laser in continua;
- laser impulsati: Q-switching e mode-locking;
- esempi di importanti sistemi laser: laser gas e laser a stato solido.

Introduzione all'ottica quantistica:

- fotoni e loro statistica;
- buching e antibuching;
- accoppiamento debole e forte: effetto Purcell e Rabi splitting.

Modalità di esame :

Esame scritto comprendente degli esercizi da risolvere e un tema da svolgere su un argomento specifico tra quelli trattati durante il corso.

Criteri di valutazione :

Verrà valutata la capacità di risolvere quantitativamente alcuni problemi di ottica e di funzionamento di un laser e la capacità di sviluppare criticamente un discorso su uno degli argomenti trattati a lezione.

Testi di riferimento :

- E. Hecht, Optics. : Addison Wesley, 2002
- O. Svelto, Principles of Lasers.. : Plenum Press, 2010
- M. Fox, Quantum Optics: an introduction.. : Oxford University Press, 2006
- B.E.A. Saleh and M.C. Teich, Fundamentals of Photonics.. : Wiley Inc, 2007
- C. A. Bennett, Principles of Physical Optics. : Wiley, 2008
- G. R. Fowels, Introduction to Modern Optics.. : Dover Publications, 1989
- I. R. Kenyon, The light fantastic. A Modern Introduction to Classical and Quantum Optics. : Oxford Press, 2008
- M. Born and E. Wolf, Principles of Optics. : Cambridge University Press, 1999

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

In alcuni casi durante le lezioni verranno proiettate delle slides powerpoint che verranno messe a disposizione degli studenti caricandole su piattaforma Moodle.

PHYSICS EDUCATION

(Titolare: Prof.ssa ORNELLA PANTANO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: 1 anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

È richiesta la conoscenza dei contenuti di base di Fisica classica e moderna.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- spiegare e discutere riguardo le diverse prospettive teoriche utilizzate nella ricerca in didattica della fisica;
- progettare, realizzare e valutare l'insegnamento su specifici argomenti di fisica sulla base dei risultati della ricerca didattica;
- pianificare e realizzare una ricerca empirica sull'insegnamento e apprendimento della fisica;
- spiegare, discutere e collegare il ruolo della ricerca didattica all'insegnamento e apprendimento della fisica;
- individuare, presentare e discutere in modo critico la letteratura che riguarda la ricerca in didattica della fisica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso è costruito per mostrare in azione un'ampia varietà di metodologie didattiche. Nel corso gli studenti faranno esperienza diretta di: lezione dialogata introdotta dalla lettura preparatoria di testi sulla ricerca didattica, attività di microteaching, co-progettazione, valutazione peer-to-peer, attività di cooperative learning, lavoro di gruppo.

Contenuti :

L'insegnamento e l'apprendimento della fisica: i temi e approcci teorici più importanti nella ricerca in didattica della fisica.

Le idee chiave in fisica, le pratiche scientifiche e i concetti trasversali nelle scienze. Lo sviluppo storico di idee in fisica e la loro rilevanza per l'insegnamento e l'apprendimento della fisica.

I diversi approcci teorici per spiegare e interpretare la comprensione dei contenuti di fisica degli studenti e le difficoltà incontrate e la loro applicazione nell'insegnamento della fisica. Il ruolo e l'importanza dell'interesse e motivazione degli studenti nell'apprendimento della fisica. Approcci attivi all'insegnamento, centrati sullo studente.

Il ruolo del lavoro pratico e delle tecnologie nell'insegnamento e apprendimento della fisica.

Il valore e l'uso di ambienti extrascolastici e informali per costruire percorsi personalizzati e favorire l'apprendimento della fisica.

Analisi dei nodi concettuali di alcuni temi di fisica classica e moderna e loro ricostruzione in chiave didattica.

L'astronomia come contesto all'interno del quale proporre argomenti di fisica classica e moderna.

Modalita' di esame :

L'esame consiste in due parti:

(1) consegna di sintesi e commenti scritti su specifici articoli e materiali indicati durante il corso (40%);

(2) presentazione di un progetto scritto al termine del corso sullo sviluppo e realizzazione di una ricerca empirica su un argomento di fisica indicato dal docente (60%).

Criteri di valutazione :

Nei compiti scritti "valutato":

(1) la partecipazione alle attivita', (2) la capacita' di presentare e discutere in modo critico i risultati della ricerca didattica e come questi possono essere utilizzati per favorire l'apprendimento della fisica e migliorare l'insegnamento e la progettazione del curriculum.

Nel compito finale "valutato":

(1) la presenza dei riferimenti alla letteratura rilevante per l'argomento trattato; (2) la giustificazione dell'approccio utilizzato nella progettazione della ricerca empirica, facendo riferimento a quanto presentato nel corso; (3) una discussione critica della rilevanza dello studio per l'insegnamento e apprendimento della fisica.

Testi di riferimento :

National Research Council, A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press, 2012

Osborne J., Dillon J. Eds., Good Practices in Science Teaching "What research has to say. England:: McGraw-Hill Education, Open University Press, 2010

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Materiale fornito dal docente e reperibile sulla piattaforma Moodle del corso (slide/presentazioni, articoli di ricerca, tutorial, schede per lavori di gruppo, questionari di ricerca, etc.)

PHYSICS LABORATORY

(Titolare: Dott. LUCA STEVANATO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 16A+32L; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Laboratori della Laurea Triennale.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Scopo del Corso e' di addestrare all'uso di strumentazione per esperimenti di Fisica delle Interazioni fondamentali, Materia e Astrofisica e degli strumenti di analisi dati. Lo studente sarã in grado di gestire autonomamente un apparato di misura, acquisire ed analizzare i dati e valutare l'accuratezza dei risultati ottenuti.

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni introduttive per la descrizione delle esperienze (16 ore, 2 CFU). Saranno poi formati gruppi di 3 studenti. Ciascun gruppo realizzerã 3 esperimenti.

Contenuti :

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 di Fisica delle Interazioni fondamentali, Materia e Astrofisica. Ogni studente svolgerã tre esperimenti.

Gli esperimenti proposti sono i seguenti: 1) Raggi Cosmici 2) Scattering Compton 3) Decadimento del positronio 4) Imaging con raggi gamma 5) Timing rapido 6) Fisica dei plasmi 7) Fluorescenza X 8) Radioattivitã naturale & Radon Counting. Nei primi cinque 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 quantitã 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 radioattivitã 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 connesse.

Modalita' di esame :

Relazione scritta di gruppo sulle tre esperienze realizzate. Colloquio individuale con presentazione di una delle esperienze e possibili brevi domande sulle altre due. La presentazione prevede la descrizione del fenomeno fisico da esplorare, l'apparato strumentale con elettronica associata, le modalita' di acquisizione ed analisi dati.

Criteri di valutazione :

Valutazione della capacita' mostrata dallo studente in laboratorio. Valutazione delle relazioni scritte e dell'abilitã dello studente nel presentare e discutere le esperienze realizzate.

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense disponibili in rete.

PHYSICS OF COMPLEX SYSTEMS

(Titolare: Prof. ATTILIO STELLA)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Contenuti :

Introduzione alla fisica della complessita' e dei fenomeni emergenti (punti di vista generali di PW. Anderson, N. Goldenfeld, L. P. Kadanoff,...)

Argomenti scelti in statistica dei polimeri, percolazione, frattali, e sistemi disordinati. Simmetrie continue e transizione di Kosterlitz e Thouless.

Moto Browniano. Matematica del moto browniano e equazioni differenziali stocastiche. Processi stocastici. Meccanica statistica fuori dall'equilibrio. Reversibilita' microscopica e irreversibilita' macroscopica. Bilancia dettagliata all'equilibrio. Relazioni di reciprocita' di Onsager con esempi (effetti Seebeck e Peltier, ecc.).
Teorema fluttuazione risposta, suscettivita' dinamica e teorema fluttuazione-dissipazione. Relazioni di Kramers-Kronig. Basi microscopiche del moto Browniano.

Termodinamica fuori equilibrio alle scale micro e nanometriche. Descrizione Markoviana della dinamica fuori equilibrio. Teoremi di fluttuazione e identita' riguardanti il lavoro. Bilancia dettagliata generalizzata. Produzione di entropia. Processo asimmetrico con semplice esclusione e processi collegati, alcuni risultati. Teoria della grandi deviazioni. Motori molecolari. Applicazioni del teorema di Gallavotti-Cohen.

Modalita' di esame :

Esame orale, che verte su tre o quattro argomenti scelti dal docente fra tutti quelli trattati nel corso. A ciascun argomento e' dedicato tempo sufficiente all'esposizione e all'eventuale discussione di collegamenti con altre parti del programma. Questo permette di accertare quanto lo studente padroneggi la materia.

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

PHYSICS OF FLUIDS AND PLASMAS

(Titolare: Dott. TOMMASO BOLZONELLA)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali.

Contenuti :

Il corso presenta, ad un livello avanzato, alcuni tra i principali elementi della fisica dei fluidi neutri e dei plasmi. 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. Durante il corso si fara' riferimento ad esempi ed applicazioni sia in ambito astrofisico che fusionistico.

Introduzione generale: fluidi e plasmi in natura ed in laboratorio. Caratteristiche e limiti delle teorie per la descrizione di fluidi e plasmi. L'equazione di Boltzmann non collisionale.

Fluidi neutri: l'equazione di Boltzmann collisionale; le equazioni dei momenti e la derivazione della fluidodinamica. Proprietà dei fluidi ideali e derivazione macroscopica delle equazioni della fluidodinamica. Flussi viscosi. Teoria lineare di onde e instabilità. L'approccio perturbativo. Turbolenza nei fluidi neutri, la teoria di Kolmogorov.

Plasmi: proprietà fondamentali ed esempi in natura e laboratorio. Teoria delle orbite. Dinamica di un sistema di molte particelle cariche. Modello cinetico per un plasma: la gerarchia BBGKY, l'equazione di Vlasov; . Il modello a due fluidi. Processi non collisionali; lo smorzamento di Landau. 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 e 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 MHD.

Modalita' di esame :

Orale

Criteri di valutazione :

Conoscenza del programma svolto e capacita' di rielaborazione autonoma del materiale presentato a lezione

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

PHYSICS OF NUCLEAR FUSION AND PLASMA APPLICATIONS

(Titolare: Dott. EMILIO MARTINES)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Conoscenza dei principi dell'elettromagnetismo. Una conoscenza delle diverse descrizioni di un plasma (cinetica, a due fluidi, magnetoidrodinamica) \tilde{A} utile ma non necessaria, in quanto verranno fornite delle nozioni essenziali durante il corso.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

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 sar \tilde{A} focalizzata sul metodo del \tilde{A} confinamento magnetico \tilde{A} , che \tilde{A} quello utilizzato nell \tilde{A} ambito del Programma Fusione Europeo. Nella seconda parte verranno fornite alcune nozioni sui plasmi di bassa temperatura utilizzati nelle applicazioni industriali, e verranno illustrate alcune di tali applicazioni.

Contenuti :

Prima parte: La fusione nucleare: principali processi, sezioni d \tilde{A} urto, reattivit \tilde{A} . Bilancio energetico di un reattore a fusione, break-even, ignizione. Confinamento magnetico e confinamento inerziale. Configurazioni toroidali per il confinamento magnetico. La configurazione 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. Analogia formale fra traiettorie delle linee di campo magnetico e orbite di un sistema Hamiltoniano. Configurazioni toroidali alternative: stellarator e RFP. Stato della ricerca sulla fusione: il progetto ITER. Sicurezza e impatto ambientale del reattore a fusione.

Seconda parte: Introduzione alle applicazioni dei plasmi. Metodologie di formazione di un plasma. Modello del diodo piano, legge di Child-Langmuir. Strato di Debye, criterio di Bohm, potenziale flottante. Sonda di Langmuir e suo utilizzo per la misura delle propriet \tilde{A} del plasma. Sonda doppia e sonda tripla. Scariche a radiofrequenza, accoppiamento induttivo e capacitivo. Cenni sui plasmi a pressione atmosferica. Applicazioni: applicazioni di "plasma medicine", propulsori al plasma per applicazioni spaziali.

Modalita' di esame :

Esame orale

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

PHYSICS OF SEMICONDUCTORS

(Titolare: Prof. DAVIDE DE SALVADOR) - Mutuato da: Laurea magistrale in Scienza dei Materiali (Ord. 2015)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Prerequisiti matematici:

Funzioni continue. Derivate. Teoremi fondamentali del calcolo differenziale. Massimi e minimi relativi e assoluti. Funzioni trigonometriche esponenziali e logaritmiche. Studio di una funzione. Integrali definiti. Volumi di solidi di rotazione. Serie di Taylor e di Maclaurin. Numeri complessi. Esponenziale in campo complesso. Equazioni differenziali. Equazioni differenziali lineari del primo ordine e del secondo ordine. Funzioni di $\pi^{\tilde{A}1}$ variabili. Limiti. Derivate parziali. Massimi e minimi relativi. Punti di sella. Integrali doppi in coordinate polari. Volumi di solidi. Integrali tripli. Calcolo differenziale vettoriale: flusso di un campo vettoriale attraverso una superficie. Divergenza di un campo e teorema della divergenza.

Prerequisiti Fisica di Base

Legge di Coulomb. Campo elettrostatico. Potenziale elettrostatico. Legge di Gauss. Equazioni di Poisson e Laplace. Capacit \tilde{A} ; condensatore ideale. Dielettrici. Costante dielettrica. Correnti elettriche e densit \tilde{A} di corrente. Conservazione della carica. Legge di Ohm. Effetto Joule. Campo magnetico; forza di Lorentz.

Prerequisiti Fisica Quantistica:

I quanti di luce e l'effetto foto-elettrico. Pacchetti d'onda. Il principio di indeterminazione di Heisenberg. Equazione di Shroedinger particella in una scatola. Oscillatore armonico quantistico. Valori di aspettazione. Osservabili e operatori. Incertezza quantistica e propriet \tilde{A} degli autovalori. Effetto tunnel barriera quadrata. Penetrazione della barriera. Particella in una scatola tridimensionale. Atomo di idrogeno e atomi idrogenoidi: stato fondamentale e stati eccitati. Tavola periodica. Distribuzione di Maxwell \tilde{A} Boltzmann e densit \tilde{A} degli stati. Equipartizione dell'energia. Statistiche quantistiche: distribuzioni di Bose \tilde{A} Einstein e di Fermi \tilde{A} Dirac

Prerequisiti Fisica dello stato Solido

La struttura cristallina dei solidi: il reticolo diretto e il reticolo reciproco. I fononi. La conducibilit \tilde{A} elettrica dei metalli nel modello di Drude. Il teorema di Bloch

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Conoscenza: principi fisici alla base del comportamento dei materiali semiconduttori. L'obbiettivo del corso \tilde{A} fornire i concetti di base che permettano allo studente di comprendere il principio di funzionamento di un semplice dispositivo a semiconduttore. Dopo una prima parte in cui vengono introdotti i principi fisici, verranno descritti i principali dispositivi e alcuni processi fisici che servono a fabbricarli. Lo studente alla fine del corso dovrebbe avere l'abilit \tilde{A} di prevedere quale struttura a bande assume un semplice sistema che contenga metalli, isolanti e semiconduttori drogati e di comprendere la spiegazione di come tale struttura si comporta in presenza di sollecitazioni esterne (campi, illuminazione....).

Attivit \tilde{A} di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezione frontale con esposizione delle teorie di base e dei principi di funzionamento dei dispositivi. Esempi di approfondimento che permettano di applicare le teorie esposte e di quantificare gli ordini di grandezza dei parametri fisici coinvolti. Richiamo alle attivit \tilde{A} di laboratorio parallelamente svolte nel corso di metodi fisici di caratterizzazione dei materiali e loro connessione con la teoria.

Contenuti :

Richiamo della struttura cristallina dei principali semiconduttori. Semiconduttori elementari, composti e leghe.

Richiamo di concetti di base (teorema di Bloch, massa efficace, concetto di buca).
Origine e specificità della struttura a bande dei semiconduttori. Le bande reali (esempi GaAs, Si, Ge, AlGaAs).
Il metodo della funzione involuppo per il calcolo degli stati quantistici provenienti da potenziali aperiodici.
Il meccanismo di drogaggio. I portatori in un semiconduttore omogeneo in funzione di drogaggio e temperatura (semic. non degenerare, intrinseco, ionizzato, non ionizzato, in saturazione). La compensazione da livello profondo.
Il semiconduttore non omogeneo all'equilibrio. Il caso della giunzione p-n.
Trasporto di carica nei semiconduttori. Equazione di drift-diffusione. Fenomeni di scattering intrabanda e mobilità in un semiconduttore.

I meccanismi di generazione e ricombinazione in un semiconduttore.
L'equazione di continuità. Il caso della giunzione p-n fuori equilibrio: polarizzazione e illuminazione.
Le eterogiunzioni le giunzioni metallo/semiconduttore, metallo/ossido/semiconduttore.
Il confinamento quantistico nei semiconduttori, quantum well, quantum wire, quantum dot.
LED, LED basati su GAN, fotodetector. Le architetture dei laser a stato solido, l'effetto del confinamento quantistico sulle performance di un laser. Celle fotovoltaiche. Diverse architetture e materiali per il fotovoltaico. Efficienza. Meccanismi di perdita di efficienza. Celle a film sottile.
Tecnologie produttive. Transistor bipolare e FET. Struttura MOS.
Tecniche per il drogaggio. Impianto ionico. Diffusione e difetti.
Isolanti, ossidazione termica.
Legge di Moore e riscaldamento. Problematiche e nuovi materiali.

Modalità di esame :

Esame orale. Durante il semestre sarà possibile (a discrezione dello studente) sostenere una verifica intermedia orale sulla prima parte del corso riguardante i principi fisici e sostenere alla fine una seconda parte riguardante i dispositivi e i processi.

Criteri di valutazione :

Verranno valutate:

- le capacità di esporre una o più delle teorie di base che spiegano il comportamento fisico dei semiconduttori.
- la comprensione del principio di funzionamento di uno o più dispositivi a semiconduttore spiegati nel corso.
- la capacità di comprendere la struttura a bande e il comportamento elettrico di una semplice struttura contenente semiconduttori drogati, metalli e isolanti.

Testi di riferimento :

Singh, *Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures*. : Cambridge,
Sapoval, *Physics of semiconductors*. : Springer Verlag,
Sze, *Simon Min, Semiconductor devices physics and technology* S. M. Sze. New York: J. Wiley & sons, 0

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Saranno forniti i lucidi del corso

QUANTUM INFORMATION

(Titolare: Prof. SIMONE MONTANGERO)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Quantum mechanics and elements of programming.

Conoscenze e abilità da acquisire :

The course aims to introduce the students to tensor network methods, one of the most versatile simulation approach exploited in quantum science.

It will provide a hands-on introduction to these methods and will present a panoramic overview of some of tensor network methods most successful and promising applications. Indeed, they are routinely used to characterize low-dimensional equilibrium and out-of-equilibrium quantum processes to guide and support the development of quantum science and quantum technologies. Recently, it has also been put forward their possible exploitation in computer science applications such as classification and deep learning algorithms.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

The course will be composed of lessons in class and programming labs.

Contenuti :

Basics in computational physics

1. Large matrix diagonalization
2. Numerical integration, optimizations, and solutions of PDE
3. Elements of Gnuplot, modern FORTRAN, python
4. Elements of object-oriented programming
5. Schrödinger equation (exact diagonalization, Split operator method, Suzuki-trotter decomposition, ...)

Basics of quantum information:

1. Density matrices and Liouville operators
2. Many-body Hamiltonians and states (Tensor products, Liouville representation, ...)
3. Entanglement measures
4. Entanglement in many-body quantum systems

Theory:

1. Numerical Renormalization Group
2. Density Matrix Renormalization group
3. Introduction to tensor networks

4. Tensor network properties
5. Symmetric tensor networks
6. Algorithms for tensor networks optimization
7. Exact solutions of benchmarking models

Applications:

1. Critical systems
2. Topological order and its characterization
3. Adiabatic quantum computation
4. Quantum annealing of classical hard problems
5. Kibble-Zurek mechanism
6. Optimal control of many-body quantum systems
7. Open quantum systems (quantum trajectories, MPDO, LPTN, ...)
8. Tensor networks for classical problems: regressions, classifications, and deep learning.

Modalità di esame :

The exam will be a final project composed of programming, data acquisition, and analysis, which will be discussed orally.

Criteri di valutazione :

The student will be evaluated in terms of:

- The knowledge of the course content;
- The programming skill and the quality of the written code;
- The data analysis and presentation;
- The physical analysis and global understanding of the treated problem.

Testi di riferimento :

S. Montangero, *Introduction to Tensor Network Methods*. Berlino: Springer International Publishing, 2018

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

The course will be based on lecture notes and other electronic and hard copy didactical material (Ph.D. thesis, documentation etc.)

SOLID STATE PHYSICS

(Titolare: Prof. FRANCESCO ANCILOTTO)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Conoscenze di elementi di Meccanica Quantistica di base

Conoscenze di elementi di Meccanica Statistica di base

(funzioni di distribuzioni, ensemble Canonico e gran Canonico, medie statistiche).

Conoscenze e abilità da acquisire :

Concetti fondamentali della fisica dei solidi e relazione tra le leggi microscopiche e le proprietà misurabili sperimentalmente.

Capacità di risolvere problemi che coinvolgono le proprietà della materia condensata.

Capacità di applicare a sistemi reali semplici modelli

predittivi che incorporano proprietà della materia su scala microscopica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni in aula con uso di lavagna convenzionale e proiettore per trasparenze.

Settimanalmente verranno proposti agli studenti dei problemi inerenti argomenti trattati a lezione nei giorni immediatamente precedenti, da risolvere per conto proprio.

Contenuti :

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 monoatomiche e diatomiche;

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";
Conducibilità elettrica e termica nei metalli;
Legge di Wiedemann e Franz;
Semiconduttori;
Risonanza di ciclotrone;
Portatori nei semiconduttori intrinseci ed estrinseci;
"Drogaggio" e stati di drogante;
Mobilità ;
Conducibilità elettrica nei semiconduttori;
Effetto Hall nei semiconduttori;
La superficie di Fermi nei metalli reali.
La superconduttività'.
Modalità di esame :
Esame orale sul programma svolto a lezione.

Criteri di valutazione :

Adeguata comprensione e visione di insieme di concetti e argomenti svolti a lezione.

Testi di riferimento :

N.Ashcroft e D.Mermin, "Solid State Physics". : ,
C.Kittel, "Introduzione alla Fisica dello Stato Solido". : ,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Vengono fornite le fotocopie (in formato pdf) delle slides mostrate a lezione.

STATISTICAL MECHANICS

(Titolare: Prof. ENZO ORLANDINI)

Periodo: 1 anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Istituzioni di Meccanica Statistica (corso tenuto al terzo anno della laurea triennale)
Termodinamica

Conoscenze e abilità da acquisire :

Dopo aver completato il corso, lo studente dovrà essere in grado di comprendere i concetti di base e le tecniche avanzate utilizzate in meccanica statistica.

In particolare lo studente dovrebbe

- 1) fornire un resoconto delle quantità rilevanti utilizzate per descrivere i sistemi macroscopici, i potenziali termodinamici e l'insieme.
- 2) Comprendere l'uso delle funzioni di partizione e la loro relazione con la termodinamica
- 3) Spiegare il concetto di transizioni di fase in modelli semplici come la fisica dei sistemi vicino ai punti critici.
- 4) Capire il ruolo della dimensione e dell'intervallo di interazione nelle transizioni di fase
- 5) Applicare la teoria dello scaling e del gruppo di rinormalizzazione
- 6) Capire la forza e la limitazione dei modelli
- 7) Mostrare una capacità analitica per risolvere problemi rilevanti per la fisica statistica

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso è organizzato in lezioni frontali i cui contenuti sono presentati alla lavagna, a volte con ausilio di immagini, schemi e video. L'insegnamento è interattivo, con domande e presentazioni di casi di studio, per promuovere la discussione e la riflessione critica in aula.

Contenuti :

I contenuti del programma, in sintesi, possono essere così divisi

Termodinamica delle transizioni di fase.
Punti critici, parametro d'ordine ed esponenti critici.
Transizioni di fase e rottura spontanea di simmetria.
Argomenti entropia-energia e definizione di dimensione critica inferiore.
Modello di Ising.

Tecniche di risoluzione esatta per modelli unidimensionali: matrice di trasferimento. Approssimazione di campo medio, principio variazionale.

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

Funzioni di correlazione e funzioni di risposta. Scattering e funzioni di correlazione. Singolarità critiche.

Relazioni di scala fra esponenti critici.

Omogeneità e scaling di Kadanoff.

Gruppo di rinormalizzazione nello spazio reale. Universality.

Rottura spontanea di simmetria per simmetrie continue e teorema di Goldstone.

Notare che alcuni argomenti possono variare di anno in anno

Modalità di esame :

La verifica delle conoscenze acquisite avviene attraverso una prova comune scritta con 1-2 esercizi da risolvere e 1-2 domande aperte su concetti di base. Queste ultime sono volte

ad evidenziare le conoscenze, il lessico scientifico, la capacità di sintesi e di discussione critica acquisite durante il corso.

La seconda parte dell' esame sarà invece orale e sarà basata su una discussione sui vari temi trattati e discussi a lezione.

Criteri di valutazione :

I criteri con cui verrà effettuata la verifica delle conoscenze e abilità acquisite sono:

1) comprensione degli argomenti trattati;

2) capacità critica di collegamento delle conoscenze acquisite;

3) completezza delle conoscenze acquisite;

4) capacità di sintesi;

5) proprietà delle terminologie utilizzate

6) capacità di utilizzo delle metodologie e tecniche analitiche illustrate durante il corso per risolvere o almeno impostare problemi dove la meccanica statistica svolge un ruolo importante.

Testi di riferimento :

K. Huang, Meccanica Statistica. : Zanichelli,

L. Peliti, Statistical Mechanics in a Nutshell. : Princeton,

J. Yeomans, Statistical mechanics of Phase transitions. Oxford: Oxford University Press, 1992

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Tutto il materiale didattico utilizzato per le lezioni frontali (lezioni alla lavagna, articoli su casi di studio, review di aggiornamento rispetto ai contenuti dei testi consigliati) è reso disponibile agli studenti in formato pdf nella piattaforma e-learning: <https://elearning.unipd.it/>

STRUCTURE OF MATTER

(Titolare: Prof. LUCA SALASNICH)

Periodo: 1 anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 40A+8E; 6,00 CFU

Prerequisiti :

I corsi della laurea triennale in Fisica.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Seconda quantizzazione del campo elettromagnetico. Transizioni elettromagnetiche. Equazioni d'onda relativistiche e lo spin dell'elettrone. Sistemi quantistici a molti corpi interagenti. Seconda quantizzazione del campo di materia non relativistico.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

36 ore di lezioni teoriche e 12 ore di esercizi.

Contenuti :

1. Seconda quantizzazione del campo elettromagnetico. Proprietà del campo elettromagnetico classico nel vuoto. Gauge di Coulomb. Espansione in onde piane del potenziale vettore. Oscillatori quantistici e quantizzazione del campo elettromagnetico. Stati di Fock e stati coerenti del campo elettromagnetico. Energia di punto zero ed effetto Casimir. Campo elettromagnetico a temperatura finita.

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. 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. Teoria del funzionale densità: teoremi di Hohenberg-Kohn, funzionale densità di Thomas-Fermi-Dirac-Von Weizsacker e funzionale densità di Kohn-Sham.

4. Lo spin dell'elettrone. Equazioni di Klein-Gordon e Dirac. L'equazione di Pauli e lo spin. Equazione di Dirac con un potenziale centrale. Atomo di idrogeno relativistico e struttura fine.

5. Seconda quantizzazione del campo di Schrodinger. Operatori di campo bosonici e fermionici. Stati di Fock e stati coerenti del campo bosonico di Schrodinger. Campo di Schrodinger a temperatura finita per bosoni e fermioni. Campo di materia per bosoni e fermioni interagenti. Bosoni in doppia buca di potenziale e modello di Bose-Hubbard a due siti.

Modalità di esame :

Esame orale di circa 30 minuti.

Criteri di valutazione :

Conoscenze acquisite e capacità espositiva.

Testi di riferimento :

L. Salasnich, *Quantum Physics of Light and Matter. Photons, Atoms and Strongly-Correlated Systems..* Berlin: Springer, 2016
B.H. Bransden and C.J. Joachain, *Physics of Atoms and Molecules.* Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003
Eventuali indicazioni sui materiali di studio :
Libro scritto dal docente.

THE PHYSICAL UNIVERSE

(Titolare: Prof. SABINO MATARRESE) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of matter
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Si richiede la conoscenza dei concetti fondamentali di meccanica quantistica e di relatività ristretta.

Conoscenze e abilità da acquisire :

La capacità di affrontare una classe di fenomeni fisici e astronomici la cui comprensione richiede un approccio basato su strumenti largamente interdisciplinari.

La capacità di passare dalla formulazione astratta di alcuni principi fisici acquisiti nei corsi fondamentali del triennio e di strumenti matematici alla loro applicazione in un contesto per molti aspetti diverso da quello dei corsi di base.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali.

Contenuti :

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 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.

• Asimmetria barionica. Bariogenesi (cenni).

• La ricombinazione dell'idrogeno: equazione di Saha. Disaccoppiamento della radiazione. Radiazione Cosmica alle Microonde.

• Definizione generale di "disaccoppiamento".

Materia oscura: proprietà generali

• Equazione di Boltzmann in cosmologia e relitti cosmici.

• Materia oscura calda e fredda: definizione, calcolo dell'abbondanza attuale e proprietà generali in cosmologia.

Elementi di astrofisica stellare

• Nucleosintesi primordiale degli elementi leggeri.

• Contrazione gravitazionale e condizioni per l'equilibrio idrostatico

• Indice adiabatico ed equilibrio.

• Condizioni per il collasso gravitazionale

• Teoria di Jeans dell'instabilità gravitazionale

• Teoria lineare delle perturbazioni nell'Universo in espansione (cenni)

• Collasso sferico di una protostruttura cosmica.

• La funzione di massa delle strutture cosmiche: teoria di Press & Schechter.

• Contrazione di una protostella

• Formazione stellare e gas degeneri di elettroni.

• Il Sole: proprietà generali, diffusione radiativa, fusione termonucleare.

• Nucleosintesi stellare

• Cicli stellari.

* Elementi di struttura stellare. Massa minima e massima per una stella.

• Fasi finali dell'evoluzione stellare: nane bianche, stelle di neutroni, buchi neri.

• Diagramma di Hertzsprung-Russell.

Modalità di esame :

Esame orale.

Criteri di valutazione :

L'esame orale mira a sondare la capacità dello studente di elaborare in modo autonomo le varie problematiche affrontate nel corso, partendo da alcuni concetti fondamentali.

Testi di riferimento :

Kolb, E.W. and Turner, M.S., *The Early Universe*. Redwood City,: Addison-Wesley, 1990

Coles, P. and Lucchin, F., *Cosmology, The Origin and Evolution of Cosmic Structure*. Chichester: Wiley and Sons., 2002

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Le parti rilevanti per il corso dei testi di riferimento verranno indicate a lezione (e sono deducibili dagli argomenti del programma).

Saranno anche forniti appunti del docente su molti argomenti.

THEORY OF STRONGLY CORRELATED SYSTEMS

(Titolare: Prof. LUCA DELL'ANNA) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Comprensione di alcuni fenomeni della fisica della materia tramite il metodo degli integrali funzionali.

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni alla lavagna

Contenuti :

I Parte: Introduzione e formalismo del path integral.

- Richiami di meccanica quantistica di singola particella e di particelle identiche

- Seconda quantizzazione: operatori di creazione e distruzione

- Operatori di singola e doppia particella

â€“ Stati coerenti bosonici

- Algebra di Grassmann

- Stati coerenti fermionici

- Digressione sugli integrali gaussiani con variabili complesse e grassmaniane

- Integrali di Feynman

- Funzione di partizione e tempo immaginario

- Equazione del moto ed approssimazione di fase stazionaria

- Applicazione degli integrali di Feynman alla doppia buca: gas di istantoni

- Integrale funzionale con gli stati coerenti bosonici e fermionici

- Funzione di partizione per particelle non interagenti e funzioni di Green

- Particelle interagenti: teoria perturbativa

- Integrale funzionale per il campo di gauge elettromagnetico

II Parte: Applicazioni.

- Gas di Coulomb

â€“ Lâ€™approccio perturbativo

â€“ Random Phase Approximation

â€“ Il metodo dellâ€™integrale funzionale

- Bosoni non interagenti: condensazione di Bose-Einstein

- Teorema di Goldstone

- Bosoni interagenti: Superfluidita'

â€“ Lo spettro di Bogoliubov

â€“ Criterio di Landau

â€“ Lâ€™azione del modo di Goldstone

â€“ Fenomenologia

- Superconduttivita'

â€“ Fenomenologia ed equazioni di London

â€“ Interazione elettrone-fonone

â€“ Il problema di Cooper

â€“ La teoria BCS con lâ€™integrale funzionale: la gap e la temperatura critica

â€“ La teoria di Ginzburg-Landau

â€“ Lâ€™azione del modo di Goldstone

â€“ Lâ€™effetto Meissner ed il meccanismo di Higgs

Modalita' di esame :

Orale

Criteri di valutazione :

Conoscenza degli argomenti trattati nel corso, capacita' di calcolo analitico e di esposizione orale.

Testi di riferimento :

J.W. Negele, H. Orland, *Quantum Many-Particle Systems*. : ,

N. Nagaosa, *Quantum Field Theory in Condensed Matter Physics*. : ,

A. Altland, B. Simons, *Condensed Matter Field Theory*. : ,

ADVANCED PHYSICS LABORATORY A

(Titolare: Prof. GIAMPAOLO MISTURA)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 16A+32L; 6,00 CFU

Prerequisiti :
Laboratori degli anni precedenti e conoscenze di base di elettronica e ottica.

Conoscenze e abilita' da acquisire :
Capacit  di progettare e realizzare autonomamente un apparato sperimentale di misura. Capacit  di analizzare criticamente i risultati per individuare possibili cause di errori sistematici. Capacit  di utilizzare le conoscenze acquisite nel percorso di studi per analizzare i dati e ottenere una misura affidabile di una data grandezza fisica.

Attivit  di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :
Il corso ha un carattere prettamente sperimentale. Gli studenti partecipanti saranno ripartiti in gruppi da 2 - 3 persone ai quali sar  affidata la realizzazione di una esperienza di fisica da scegliere a piacere fra quattro tipologie di esperimenti: elettronica, ottica, fisica delle particelle, fisica nucleare e fisica dello stato solido. Sono previste anche delle lezioni frontali nelle quali verranno dati elementi generali di fisica sperimentale.

Contenuti :
Tecniche generali di fisica sperimentale moderna. In particolare saranno approfonditi elementi di elettronica, ottica, criogenia e tecnica del vuoto.

Modalit  di esame :
Relazione scritta ed esame orale.

Criteri di valutazione :
Autonomia nello svolgimento dell'esperienza, capacit  di analisi critica dei risultati. Saranno inoltre valutate positivamente soluzioni originali proposte dallo studente al fine di condurre o migliorare le esperienze proposte.

Testi di riferimento :
CONTENUTO NON PRESENTE
Eventuali indicazioni sui materiali di studio :
Dispense scritte dai responsabili del corso scaricabili dal web.

ADVANCED PHYSICS LABORATORY B

(Titolare: Dott. MARCO BAZZAN)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 16A+32L; 6,00 CFU

Prerequisiti :
Laboratori degli anni precedenti e conoscenze di base di elettronica e ottica.

ADVANCED QUANTUM FIELD THEORY

(Titolare: Prof. KURT LECHNER)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :
Si presuppone che lo studente possieda conoscenze adeguate del metodo della quantizzazione canonica in teoria dei campi e in particolare in Elettrodinamica Quantistica, abbia nozioni elementari del formalismo dell'integrale funzionale e conosca la tecnica dei grafici di Feynman.

Conoscenze e abilita' da acquisire :
Il corso si propone di fornire agli studenti una buona conoscenza delle teorie quantistiche relativistiche di campo, formulate in termini dell'integrale funzionale, proposte come teorie descriventi le interazioni fondamentali a livello microscopico. Argomento centrale del corso e' la quantizzazione delle teorie di gauge non abeliane e la loro rinormalizzazione perturbativa. Scopo del corso e', da una parte, fornire agli studenti i mezzi operativo-computazionali per eseguire un'analisi quantitativa di una generica teoria di campo quantistica e confrontare le sue previsioni con i fenomeni fisici e, dall'altra, insegnargli di analizzare le proprieta' di consistenza interna della teoria. In particolare lo studente dovrebbe sviluppare la capacita' di distinguere gli aspetti perturbativi da quelli non perturbativi di una teoria di campo.

Attivit  di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :
Lezioni frontali. Una parte del corso e' dedicata alla soluzione di problemi concreti in applicazione degli insegnamenti teorici forniti.

Contenuti :

- 1) INTRODUZIONE ALLE TEORIE DI CAMPO QUANTISTICHE. Aspetti perturbativi e assiomatici.
- 2) INTERAZIONI QUANTISTICAMENTE CONSISTENTI. Teorema di Coleman-Mandula. Caratteristiche delle interazioni al variare dello spin. Dualità tra azione e campo scalare.
- 3) TEORIE DI CAMPO CLASSICHE. Azioni ed equazioni del moto. Universalità degli accoppiamenti consistenti. Accoppiamenti chirali e di Yukawa. Simmetrie globali e teorema di Noether. Teorie con invarianze locali abeliane e non abeliane. Connessione e curvatura di Yang-Mills (YM). Derivata covariante. Correnti covarianti e correnti conservate. Autointerazione dei campi di YM. Carica di colore.
- 4) INTEGRALE FUNZIONALE. Funzionali generatori delle funzioni di Green. Generatore delle funzioni 1PI. Spazio euclideo e analiticità. Metodo dei campi di background. Simmetrie lineari classiche e loro implementazione quantistica. Applicazioni alla QED. Determinanti di campi commutanti e anticommutanti. Potenziale effettivo di Coleman-Weinberg e rottura radiativa di simmetria. Derivazione delle Regole di Feynman per una generica teoria locale. Esempio della QED scalare.
- 5) METODO PERTURBATIVO E RINORMALIZZABILITÀ. Richiami di regolarizzazione dimensionale e del metodo dei parametri di Feynman. Correzioni a più loop. Località delle divergenze ultraviolette. Rinormalizzabilità perturbativa in diverse dimensioni.
- 6) TEORIA LAMBDA PHI ALLA TERZA IN $D = 6$ COME LABORATORIO. Rinormalizzazione esplicita a una loop. Propagatore esatto a una loop. Controtermini. Funzione beta e dimensione anomala. Libertà asintotica e trasmutazione dimensionale. Rinormalizzazione a due loop. Divergenze annidate e divergenze sovrapposte. Cancellazione delle divergenze non-locali.
- 7) QUANTIZZAZIONE DELLE TEORIE DI YM. Il problema della quantizzazione perturbativa dei campi di YM. Metodo di Faddeev-Popov e campi di ghost. Indipendenza dalla condizione di gauge-fixing. Invarianza di BRST e spazio fisico. Identità di Slavnov-Taylor e identità di Ward.
- 8) ANALISI PERTURBATIVA DELLE TEORIE DI YM. Regole di Feynman. Rinormalizzabilità. Determinazione esplicita dei controtermini divergenti a una loop e relazioni fra loro. Il ruolo dei ghost. Funzioni beta e libertà asintotica. La scala Lambda della QCD. Finitezza della teoria di YM supersimmetrica $N=4$.
- 9) ANOMALIE. Simmetrie chirali classiche e quantistiche. Calcolo esplicito dell'azione di Schwinger chirale in due dimensioni. Anomalie ABJ, grafici triangolari ed estensione a dimensioni arbitrarie. Metodo del vertice anomalo. Teorema di Adler-Bardeen. Cancellazione delle anomalie nel modello standard. Teorema dell'indice.
- 10) ISTANTONI. Soluzioni semiclassiche non perturbative in teoria di campo. Configurazioni istantoniche. Vuoti theta. Il problema della simmetria $U(1)$. Loop di Wilson.
- 11) DEEP INELASTIC SCATTERING. Struttura interna degli adroni e quarks. Urti a grandi momenti trasferiti. Fattori di forma. Rinormalizzazione di operatori composti. Scaling di Bjorken.
- 12) TEORIA ASSIOMATICA. Funzioni di Wightman e funzioni di Schwinger. Teorema di ricostruzione. Trivialità della teoria lambda phi alla quarta. Divergenze infrarosse e problema degli stati carichi in Elettrodinamica Quantistica. Teorema di Goldstone.

Modalità di esame :

L'esame consiste in una prova orale che include la soluzione di un problema.

Criteri di valutazione :

Alla prova orale si valuta la profondità raggiunta dallo studente nella comprensione della teoria e la capacità di esporre gli argomenti con senso logico e in modo coerente. Si valuteranno inoltre la capacità di saper affrontare un problema in modo indipendente, applicando le metodologie esposte a lezione, e di motivare le soluzioni proposte.

Testi di riferimento :

Steven Weinberg, *The Quantum Theory of Fields*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005
Claude Itzykson, Jean-Bernard Zuber, *Quantum Field Theory*. New York: McGraw-Hill Book Co, 1987
Mark Srednicki, *Quantum Field Theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007
Lewis H. Ryder, *Quantum Field Theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996
John C. Collins, *Renormalization*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984

ADVANCED TOPICS IN THE THEORY OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS

(Titolare: Dott. DAVIDE CASSANI)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Conoscenza di base della fisica teorica delle interazioni fondamentali, in particolare della teoria quantistica dei campi.

Conoscenze e abilità da acquisire :

La prima parte del corso discute i metodi e le idee delle teorie di campo effettive, che sono centrali nella fisica teorica delle interazioni fondamentali. Le idee principali saranno illustrate anche tramite esempi di fenomeni fisici già osservati o ricercati negli esperimenti attuali. La seconda parte del corso intende fornire un'introduzione di base alla supersimmetria, giungendo a mostrare come i metodi di supersimmetria consentono di trovare una soluzione esatta per la teoria effettiva di bassa energia di certe teorie di gauge non-abeliane.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali alla lavagna, discussione di esempi, esercizi individuali.

Contenuti :

PRIMA PARTE (Brando Bellazzini)

- Teorie di campo effettive e power counting
- approccio Wilsoniano alla rinormalizzazione
- lagrangiana chirale della QCD
- formalismo di Callan-Coleman-Wess-Zumino
- identità di Ward, teoremi soffici e simmetrie
- eventualmente: composite Higgs, Lagrangiana di Eulero-Heisenberg, assioni, teoremi no-go.

SECONDA PARTE (Davide Cassani)

- motivazioni per la supersimmetria
- algebra di supersimmetria e sue rappresentazioni

- superspazio e supercampi
- lagrangiane supersimmetriche
- rottura spontanea della supersimmetria
- olomorfa e teoremi di non-renormalizzazione
- supersimmetria estesa
- teorie effettive supersimmetriche di bassa energia e soluzione di Seiberg-Witten

Modalità di esame :

Discussione di argomenti selezionati dal programma del corso, risoluzione di problemi.

Criteri di valutazione :

Comprensione e conoscenza degli argomenti illustrati a lezione e capacità di risolvere problemi elementari ad essi collegati.

Testi di riferimento :

Steven Weinberg, *The Quantum Theory of Fields, Vol. I, II, III.* : Cambridge University Press, 2005

Tom Banks, *Modern Quantum Field Theory: A Concise Introduction.* : Cambridge University Press, 2008

Matthew Schwartz, *Quantum Field Theory and the Standard Model.* : Cambridge University Press, 2013

Julius Wess, Jonathan Bagger, *Supersymmetry and Supergravity.* : Princeton University Press, 1992

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Una lista di dispense scaricabili in rete sarà fornita durante il corso.

APPLIED ELECTRONICS

(Titolare: Prof. PIERO GIUBILATO)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Conoscenze e abilità da acquisire :

Assimilazione dei fondamenti dell'elettronica analogica e digitale

Capacità di decifrare un circuiti analogici e digitali individuandone i blocchi funzionali principali

Capacità di base nel disegnare circuiti analogici

Capacità di base nel disegnare circuiti digitali in dispositivi logica programmabile

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche

Contenuti :

Parte I. ELETTRONICA E STRUMENTAZIONE ANALOGICA

1. Richiami elettronica analogica di base
2. Richiami Feedback
3. Amplificatori operazionali (reali, comportamento in freq.)
 - Applicazioni Op.Amp. lineari e non lineari
4. Generazione di segnali e oscillatori
 - Alimentatori
 - Generatori di riferimenti tensione/corrente
 - Oscillatori
5. Rumore e recupero segnale analogico
 - Rumore in circuiti elettronici (analogici)(rumore e spettro di potenza, tipi di rumore (termico, shot, 1/f), rumore nei dispositivi (transistors, operazionali), calcolo ENC, effetto della reazione sul rumore)
 - Amplificatori a basso rumore (amplificatore di Radeka \hat{t} in carica, altri amplificatori front-end \hat{t} rumore in Ampl. transimpedenza)
 - Filtri analogici e tecniche di recupero del segnale (approssimazione ed implementazione, filtri a capacità commutate, filtri in dominio delle frequenze o dei tempi)
 - Tecniche estrazione segnale dal rumore (shaping per misure di \hat{t} energia \hat{t} o \hat{t} tempi \hat{t} e filtri ottimali, Lock-in, media del segnale, filters, mixing)

PARTE II. ELETTRONICA, DISPOSITIVI DIGITALI, CONVERSIONE AD/DA

6. Invertitori e porte logiche (TTL, ECL, MOS, \hat{t})
 - Invertitori e porte logiche (funzione porte logiche, invertitore bipolare e MOS, invertitori e porte TTL, ECL, MOS)
 - circuiti fondamentali (operazioni combinatoriali e sequenziali, flip-flop multiplexer, adder, shift registers, memorie)
7. Conversione A/D e D/A
 - Strumenti (z-transform) e rumore (rumore di quantizzazione)
 - Digital-to-Analogue (convertitori Nyquist rate ,DAC based on Resistors / Capacitors / Current sources)
 - Analogue-to-Digital (convertitori Nyquist rate, accuratezza in tempo, ADC Flash, a due step, interpolanti, approssimazioni successive, campionatori)
 - Alcuni circuiti per la conversione in dettaglio (sample & hold, switched emitter follower,...)
 - Oversampling \hat{t} sigma-delta
 - Tecniche di processamento del segnale e filtraggio digitale
 - Esempi di misure di ampiezze e tempi
8. Complementi

- Microprocessori, Microcontrollori e FPGA
- Bus Dati

9. Laboratorio Digitale â†' introduzione a VHDL

Modalita' di esame :

Esame orale

Criteri di valutazione :

I criteri per la valutazione della prova orale tengono conto della correttezza dei contenuti, della chiarezza argomentativa e delle capacit  di analisi critica e di rielaborazione

Testi di riferimento :

T.H.Wilmshurst, Analog Circuit Techniques. : ,
W.Kleitz, Digital Electronics - A Practical Approach with VHDL. : ,
A. Laicata, Circuiti elettronici. : ,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Slides delle lezioni (vedere Moodle relativo al Corso)

ASTROPARTICLE PHYSICS

(Titolare: Dott. FRANCESCO D'ERAMO)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

  suggerito di seguire i seguenti corsi nel primo semestre: Fisica Teorica, Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali e Relativit  Generale.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

In questo corso, evidenzieremo la sinergia tra gli studi effettuali alle scale di lunghezza osservabili pi  grandi e pi  piccole. Come vedremo durante le lezioni, gli strumenti che abbiamo sviluppato studiando la Natura alle pi  piccole scale di lunghezza osservabili ci hanno permesso di ottenere un'immagine coerente dell'Universo. Secondo questo quadro, i costituenti fondamentali sono barioni, materia oscura e energia oscura, integrati da condizioni iniziali determinate da un'epoca di inflazione. Tuttavia, molte domande restano ancora senza risposta. Lo scopo di questo corso   quello di rendere gli studenti consapevoli di tali problemi, rivedere le soluzioni pi  comuni e potenzialmente discutere nuove idee adatte per un progetto di tesi di laurea magistrale.

Attivit  di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni alle lavagna.

Contenuti :

- 1) Simmetrie e Quantit  Conservate nel Modello Standard della Fisica della Particelle
- 2) Fisica delle Particelle nell'Universo in Espansione
- 3) Bilancio Energetico del nostro Universo
- 4) Nucleosintesi e suo Ruolo nel Testare Fisica oltre il Modello Standard
- 5) Modelli di Fisica delle Particelle per Bariogenesi
- 6) Produzione di Materia Oscura nell'Universo Primordiale
- 7) Inflazione e il suo Ruolo nella Produzione di Materia Oscura
- 8) Candidati di Materia Oscura da Fisica delle Particelle
- 9) Raggi Cosmici
- 10) Ricerche Sperimentali di Materia Oscura

- 11) Stelle come Laboratori di Fisica delle Particelle

Modalita' di esame :

Esame orale.

Criteri di valutazione :

L'esame orale stabilir  il grado di comprensione del materiale svolto in classe e l'abilit  ad esporlo in maniera logica e coerente.

Testi di riferimento :

Raffelt, Georg, Stars as Laboratories for Fundamental Physics. : The University of Chicago Press Book, 1996
Perkins, Donald H., Particle astrophysics D.H. Perkins. Oxford: Oxford University Press, 2009
Bergstrom, Lars; Goobar, Ariel, Cosmology and particle astrophysics Lars Bergstrom, Ariel Goobar. Berlin [etc.]: Springer, 0
Kolb, Edward; Turner, Michael, Early Universe. New York: Westview Press, 1994
Profumo, Stefano, An introduction to particle dark matter Stefano Profumo. New Jersey: World Scientific, 2017

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Agli studenti verranno fornite note riguardanti ogni argomento trattato in classe. Inoltre, in ogni capitolo delle note vi sar  la referenza alla letteratura rilevante che ha ispirato la discussione in classe.

COSMOLOGY OF THE EARLY UNIVERSE

(Titolare: Prof. NICOLA BARTOLO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Istituzioni di Astrofisica e Cosmologia (equivalentemente "The Physical Universe")

Conoscenze e abilità da acquisire :

Scopo del corso e' quello di offrire allo studente gli strumenti necessari per comprendere e analizzare i principali aspetti che riguardano la fisica dell'universo primordiale, sia da un punto di vista modellistico che osservativo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali con proposte di esercizi ed esempi

Contenuti :

Introduzione generale. Il problema delle condizioni iniziali: perturbazioni di densità primordiali all'origine della formazione delle strutture dell'universo su grande scala

- Brevi richiami ai principali problemi del modello cosmologico standard
- Cosmologia inflazionaria nell'universo primordiale come soluzione ai problemi del modello standard

Modellistica:

- Modelli inflazionari: energia del vuoto e l'inflatone; dinamica di un campo scalare in un universo di Friedmann-Robertson-Walker; possibili realizzazioni dello scenario inflazionario
- Modelli inflazionari nell'ambito di fisica delle particelle delle alte energie
- Predizioni osservative dei modelli inflazionari: dalle perturbazioni quantistiche in un universo in espansione alle prime perturbazioni di densità primordiali; generazione di onde gravitazionali primordiali e loro osservabili

Fase di reheating e meccanismi di bariogenesi

Formalismo Delta-N e formalismo in-in per lo studio delle perturbazioni cosmologiche; esempio di applicazione: non-Gaussianità primordiale.

Perturbazioni cosmologiche in relatività generale:

- perturbazioni scalari, vettoriali e tensoriali
- trasformazioni di gauge
- equazioni di Einstein perturbate linearmente attorno alla metrica di Robertson-Walker

Test osservativi dell'universo primordiale

Modalità di esame :

Esame orale

Criteri di valutazione :

Apprendimento dei contenuti base del corso, capacità dello studente di elaborare in modo autonomo i concetti acquisiti, capacità di ragionamento e di applicazione degli strumenti forniti dal corso.

Testi di riferimento :

Andrew R Liddle and David H Lyth, *The Primordial Density Perturbation*. : Cambridge University Press, 2009
Andrew R Liddle and David H Lyth, *Cosmological Inflation and Large-Scale Structure*. : Cambridge University Press, 2000
Kolb, E.W. and Turner, M.S., *The Early Universe*. Redwood City: Addison-Wesley, 1990

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Le parti rilevanti del corso saranno individuate nei testi di riferimento e per alcune parti del corso saranno a disposizione degli appunti del docente.

EXPERIMENTAL SUBNUCLEAR PHYSICS

(Titolare: Prof. RICCARDO BRUGNERA)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Lo studente deve in precedenza aver seguito il corso di Subnuclear Physics (informazioni di base sulla Fisica Subnucleare) e i corsi di Theoretical Physics e Theoretical physics of the fundamental interactions (seconda quantizzazione, QED).

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso, partendo dai contenuti acquisiti nel corso di Subnuclear Physics, fornisce, con un approccio principalmente sperimentale, informazioni fondamentali su alcuni aspetti importanti del Modello Standard (Cromodinamica, Teoria Elettrodebole, Fisica dei sapori e delle oscillazioni). Lo studente avrà alla fine del corso una panoramica abbastanza attuale dello stato della fisica subnucleare. Lo studente dovrebbe essere in grado di valutare criticamente i risultati ottenuti dagli esperimenti di Fisica delle Alte Energie.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso si sviluppa attraverso lezioni di tipo frontale con l'utilizzo di slides.

Contenuti :

Cromodinamica quantistica

Lagrangiana di QCD, Cenni alle eq. del gruppo di rinormalizzazione, α_s come running coupling constant.

Equazioni di Dokshitzer-Gribov-Altarelli-Parisi. Funzioni di struttura.
Processi di adronizzazione.

Teoria elettrodebole

Modello $SU(2) \times U(1)$, correzioni radiative, fisica della Z, interferenza e asimmetrie a LEP, fisica a LEP II
Modello di Goldstone, meccanismo di Higgs, fenomenologia dell'Higgs, ricerche del bosone di Higgs.
Fisica ai colliders adronici: ricerca e proprietà del quark top e dei bosoni vettori.

Matrice CKM

Gerarchia dei parametri, parametrizzazione originale e sviluppo di Wolfenstein. Triangolo di Unitarietà. Esempi di misura di alcuni elementi della matrice.

Violazione di CP e oscillazione di particelle

Gli stati del sistema K neutro

Oscillazioni di stranezza

Rigenerazione

La violazione di CP

Oscillazioni e violazione di CP nel sistema B neutro

Violazione di CP nei decadimenti mesonici

Oscillazioni dei neutrini: oscillazioni tra due sapori, oscillazioni tra tre sapori, oscillazioni dei neutrini nella materia.

Neutrini dal sole e studi delle oscillazioni. Oscillazioni dei neutrini atmosferici ed esperimenti. Oscillazioni dei neutrini atmosferici ed esperimenti. Esperimenti long-baseline. Conseguenze delle oscillazioni dei neutrini.

Modalità di esame :

Orale

Criteri di valutazione :

La verifica consiste in un colloquio volto ad accertare il livello di apprendimento dei concetti e delle problematiche più importanti sviluppate durante le lezioni.

Testi di riferimento :

C. Giunti and C.W. Kim, *Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics*. : Oxford University Press, 2007

R.K. Ellis, W.J. Stirling and B.R. Webber, *QCD and Collider Physics*. : Cambridge University Press, 1996

F. Halzen and A.D. Martin, *Quarks & Leptons*. : John Wiley & Sons, 1984

W.E. Burcham and M. Jones, *Nuclear and Particle Physics*. : Longman Scientific & Technical, 1995

A. Bettini, *Elementary Particle Physics*. : Cambridge University Press, 2008

R. Devenish and A. Cooper-Sarkar, *Deep Inelastic Scattering*. : Oxford University Press, 2004

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Durante il corso verranno forniti agli studenti ulteriori informazioni bibliografiche su specifici argomenti.

GENERAL RELATIVITY

(Titolare: Prof. GIANGUIDO DALL'AGATA) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: 1 anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Si consiglia Fisica Teorica.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso fornisce una introduzione alle basi teoriche e fenomenologiche della Relatività Generale. Lo studente dovrà anche appropriarsi delle tecniche di base per costruire e studiare le proprietà delle soluzioni delle equazioni di Einstein.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali. Esercitazioni settimanali.

Contenuti :

Geometria Riemanniana; Forme differenziali; Il principio di equivalenza; Equazioni di Einstein; Soluzione di Schwarzschild, limite Newtoniano; test sperimentali; spazi massimamente simmetrici; Buchi neri (Diagrammi di Penrose, buchi neri carichi e rotanti); Termodinamica dei buchi neri.

Modalità di esame :

Orale con domande su argomenti svolti a lezione e soluzione di un problema.

Criteri di valutazione :

Conoscenza e comprensione dei contenuti del corso, abilità nella soluzione di problemi elementari legati ai contenuti del corso.

Testi di riferimento :

S. Carroll, *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*. : Addison-Wesley, 2003

A. Zee, *Einstein Gravity in a Nutshell*. : Princeton University Press, 2013

F. de Felice, C.J.S. Clarke, *Relativity on curved manifolds*. : Cambridge University Press, 1992

S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology*. : Wiley, 1972

INTRODUCTION TO MANY BODY THEORY

(Titolare: Prof. PIER LUIGI SILVESTRELLI)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Metodi Matematici

Conoscenze e abilità da acquisire :

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.

Contenuti :

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.

Modalità di esame :

Orale piú eventuali esercizi in itinere.

Criteri di valutazione :

Conoscenze teoriche di base e capacità di applicazione del formalismo in casi di interesse fisico.

Testi di riferimento :

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

INTRODUCTION TO RADIATION DETECTORS

(Titolare: Prof. ROBERTO STROILI)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Conoscenza dei fenomeni elettromagnetici, incluse onde elettromagnetiche.

Nozioni di base di relatività ristretta e di meccanica quantistica.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Principi e metodi di rivelazione di particelle e della radiazione elettromagnetica. Come si misurano posizione, energia, quantità di moto, e velocità. Tecniche di accelerazione di particelle cariche.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Durante il corso verranno presentati mediante lezioni frontali gli argomenti riportati nella sezione "contenuti". Gli argomenti affrontati verranno corredati da esempi ed esercizi per una migliore comprensione le modalità di applicazione dei concetti esposti.

Contenuti :

A. Descrizione dei fenomeni fisici considerati: introduzione sulle grandezze misurate negli esperimenti di fisica nucleare, subnucleare e astroparticellare. Perdita di energia di particelle cariche. La formula di Bethe-Block, discussione e applicazioni quantitative ai rivelatori. Identificazione di particelle.

Diffusione Colombiana multipla. Bremsstrahlung, lunghezza di radiazione, spettro della radiazione.

Interazioni fotoni-materia, coefficiente di assorbimento, effetto fotoelettrico, effetto Compton, produzione di coppie.

Radiazione Cerenkov. Cenni alla radiazione di transizione.

Interazioni nucleari.

Scintillazione nei materiali inorganici ed organici. Perdita di energia in un gas, diffusione, effetto di un campo elettrico, velocità di deriva, effetto di un campo magnetico. Perdita di energia in un semiconduttore.

B. Requisiti di rivelatori costruiti in base agli effetti descritti: contatori a scintillazione, contatori Cerenkov, contatori a ionizzazione.

Camere a fili proporzionali, camere a deriva e TPC. Tubi a streamer limitato, RPC. Rivelatori a semiconduttore. Cenni all'elettronica di trigger e di lettura.

Misura dell'energia e misura della quantità di moto. Struttura generale dei rivelatori attuali.

C. Gli acceleratori di particelle. Acceleratori elettrostatici. Acceleratori lineari. Ciclotrone. Il sincrotrone: stabilità traversa, focalizzazione debole, oscillazioni di betatrone, matrici di trasporto, focalizzazione forte, quadrupoli e funzioni separate. Cenni all'emittanza, stabilità di fase, oscillazioni di sincrotrone, diagrammi di fase, struttura a pacchetti. Cenni alla radiazione di sincrotrone. Anelli di accumulazione: luminosità, accumulazione di antiprotoni, raffreddamento stocastico.

Modalita' di esame :

Orale.

Criteri di valutazione :

Verranno valutati il livello di apprendimento degli argomenti in programma e la capacit  di applicazione a casi pratici.

Testi di riferimento :

Tavernier, Stefaan, *Experimental techniques in nuclear and particle physics* Stefaan Tavernier. Berlin [etc.]: Springer, 0

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

E' a disposizione degli studenti copia delle trasparenze usate nel corso.

INTRODUCTION TO RESEARCH ACTIVITIES

(Titolare: Prof. ALBERTO CARNERA)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Non   richiesto alcun requisito specifico

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Lo studente acquisir  esperienza sull'organizzazione, svolgimento, presentazione e discussione dei risultati di una attivit  di ricerca.

Contenuti :

Lo studente parteciper  ad uno stage estivo della durata di circa 150 ore in un gruppo di ricerca del Dipartimento o di un laboratorio associato o presso una struttura esterna approvata.

La lista delle attivit  proposte sar  disponibile nel sito del "Corso di Laurea Magistrale" per la fine della primavera e gli studenti potranno scegliere fra le proposte pubblicate. L'attivit  verra svolta sotto la supervisione di un tutor.

Modalita' di esame :

Orale. Presentazione e discussione dei risultati della ricerca

Criteri di valutazione :

Verranno valutati la chiarezza, la capacit  di sintesi e la comprensione del contesto scientifico dell'attivit  svolta

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

MULTIMESSENGER ASTROPHYSICS

(Titolare: Prof.ssa Elisa Bernardini) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

NUCLEAR ASTROPHYSICS

(Titolare: Dott. ANTONIO CACIOLLI)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Elementi di meccanica quantistica e di fisica generale

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Il corso si propone di fornire una preparazione teorica e sperimentale che consentiranno allo studente di intraprendere attivita' di ricerca nell'ambito dell'astrofisica nucleare.

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni in aula.

Contenuti :

Reazioni termonucleari.

Definizione di sezione σ , fattore S astrofisico, tasso di reazione e derivazione del picco di Gamow.

Brucciamenti nucleari nelle stelle durante le fasi idrostatiche ed esplosive.

Cenni di modellistica stellare.

Buciamento dell'idrogeno: catene p-p, cicli CNO, NeNa, MgAl

Brucciamento dell'elio: reazioni 3-alpha e alpha + 12C.

Reazioni di bruciamenti nucleari avanzati (C, Ne, O, Si).

I processi di cattura neutronica (s e r: lento e rapido).

Per ogni argomento verra' data una panoramica dei risultati piu' rilevanti nella letteratura recente.

Calcolo del rate di reazione in casi specifici (cattura diretta, risonanze strette, risonanza larghe)

Come svolgere un esperimento in Astrofisica Nucleare (ogni aspetto del corso verr  discusso in relazione alle facility sperimentali in attivit  e legati agli ultimi risultati scientifici prodotti)

Cenni sul fondo di radiazione naturale

Metodi di schermatura dei rivelatori

Perché è utile fare un esperimento in un laboratorio underground
Tecniche di accelerazione per ioni carichi
Cenni su tipologie di sistemi di rivelazione (neutroni, gamma, particelle cariche) e tecniche di calibrazione dei rivelatori
Derivazione sperimentale della sezione d'urto
Tipologie di bersagli, loro caratteristiche pro e contro (gas, jet e solid target)
Produzione e studio dei target e come questo influenza la misura sperimentale
Cenni sui metodi indiretti in astrofisica nucleare (THM, ANC, α !)

Modalità di esame :

Verifica orale e/o scritta su tutti gli argomenti trattati nel corso.

Criteri di valutazione :

Accertamento della comprensione e della padronanza degli argomenti trattati.

Testi di riferimento :

C. E. Rolfs and W. S. Rodney, *Couldrons in the Cosmos*. : The Chicago University Press, 1988

C. Iliadis, *Nuclear Physics of Stars*. : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, 2007

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Diapositive e altro materiale reso disponibile in formato elettronico agli studenti.

NUCLEAR PHYSICS

(Titolare: Prof.ssa SILVIA MONICA LENZI)

Periodo: 1 anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Meccanica quantistica.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Lo studente approfondirà alcuni degli argomenti visti nel corso di Istituzioni di Fisica Nucleare della Laurea Triennale e sarà introdotto a nuovi argomenti sia sulle reazioni nucleari, sia sulla struttura del nucleo. Il corso fornisce una buona conoscenza delle proprietà del nucleo atomico che implica l'utilizzo di modelli a molti corpi. Inoltre verranno presentati e discussi i problemi più attuali della Fisica Nucleare. Lo studente sarà in grado di interpretare le diverse proprietà e modi di eccitazione dei nuclei.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Le lezioni si svolgono con l'ausilio di slides.

Contenuti :

Programma di Fisica Nucleare 2017/2018

Parte prima: Struttura del nucleo e modelli nucleari

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

Grandezze conservate

Simmetrie nella struttura dei nuclei

Metodi sperimentali per la struttura nucleare

Modelli nucleari:

1) Modelli collettivi:

Modello della goccia liquida, Modello a gas di Fermi: applicazioni, Deformazione nucleare,

Eccitazioni collettive,

Moti vibrazionali,

Moti rotazionali,

Energy Density Functional

2) Modello Microscopici:

Modello di Hartree Fock,

Modello a shell interattivo,

Modello di Nilsson.

Parte Seconda: Reazioni nucleari

Introduzione: proprietà del nucleo

-energia di legame

-equazione semiempirica di massa

-proprietà elettromagnetiche statiche dei nuclei: Momenti di multipolo

Le forze nucleari e il potenziale nucleare

- interazione nucleone-nucleone

- Il deutone

- isospin

- diffusione nucleone-nucleone

- proprietà delle forze nucleari

Reazioni Nucleari

- considerazioni generali: Cinematica delle collisioni a due corpi

- tipi di reazione e le osservabili coinvolte
- diffusione elastica e sezione d'urto di reazione
- reazioni di nucleo composto
- reazioni di Knock-out

Reazioni con Ioni Pesanti

- reazioni di trasferimento quasi-elastico di nucleoni
- aspetti fenomenologici delle reazioni nucleari alla barriera Coulombiana,
- fusione completa, formazione e decadimento del nucleo composto
- reazioni di fusione di interesse astrofisico
- tecniche sperimentali

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

Modalità di esame :

L'esame consiste in una prova orale con eventuale presentazione di un lavoro di ricerca su argomenti diversi proposti dal docente.

Criteri di valutazione :

Buon dominio dei principali argomenti del corso.

Testi di riferimento :

Kris Heyde, *Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics*. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1999

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

I libri di testo e le slides messe a disposizione dai docenti nel sito moodle. Inoltre verrà messo a disposizione altro materiale di rassegna di carattere didattico sugli argomenti più attuali della fisica nucleare teorica, sperimentale e applicata.

PHYSICS EDUCATION

(Titolare: Prof.ssa ORNELLA PANTANO)

Periodo:	I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo:	Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche:	48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

È richiesta la conoscenza dei contenuti di base di Fisica classica e moderna.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- spiegare e discutere riguardo le diverse prospettive teoriche utilizzate nella ricerca in didattica della fisica;
- progettare, realizzare e valutare l'insegnamento su specifici argomenti di fisica sulla base dei risultati della ricerca didattica;
- pianificare e realizzare una ricerca empirica sull'insegnamento e apprendimento della fisica;
- spiegare, discutere e collegare il ruolo della ricerca didattica all'insegnamento e apprendimento della fisica;
- individuare, presentare e discutere in modo critico la letteratura che riguarda la ricerca in didattica della fisica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso è costruito per mostrare in azione un'ampia varietà di metodologie didattiche. Nel corso gli studenti faranno esperienza diretta di: lezione dialogata introdotta dalla lettura preparatoria di testi sulla ricerca didattica, attività di microteaching, co-progettazione, valutazione peer-to-peer, attività di cooperative learning, lavoro di gruppo.

Contenuti :

L'insegnamento e l'apprendimento della fisica: i temi e approcci teorici più importanti nella ricerca in didattica della fisica.

Le idee chiave in fisica, le pratiche scientifiche e i concetti trasversali nelle scienze. Lo sviluppo storico di idee in fisica e la loro rilevanza per l'insegnamento e l'apprendimento della fisica.

I diversi approcci teorici per spiegare e interpretare la comprensione dei contenuti di fisica degli studenti e le difficoltà incontrate e la loro applicazione nell'insegnamento della fisica. Il ruolo e l'importanza dell'interesse e motivazione degli studenti nell'apprendimento della fisica. Approcci attivi all'insegnamento, centrati sullo studente.

Il ruolo del lavoro pratico e delle tecnologie nell'insegnamento e apprendimento della fisica.

Il valore e l'uso di ambienti extrascolastici e informali per costruire percorsi personalizzati e favorire l'apprendimento della fisica.

Analisi dei nodi concettuali di alcuni temi di fisica classica e moderna e loro ricostruzione in chiave didattica.

L'astronomia come contesto all'interno del quale proporre argomenti di fisica classica e moderna.

Modalità di esame :

L'esame consiste in due parti:

- (1) consegna di sintesi e commenti scritti su specifici articoli e materiali indicati durante il corso (40%);
- (2) presentazione di un progetto scritto al termine del corso sullo sviluppo e realizzazione di una ricerca empirica su un argomento di fisica indicato dal docente (60%).

Criteri di valutazione :

Nei compiti scritti è valutato:

- (1) la partecipazione alle attività, (2) la capacità di presentare e discutere in modo critico i risultati della ricerca didattica e come questi possono essere utilizzati per favorire l'apprendimento della fisica e migliorare l'insegnamento e la progettazione del curriculum.

Nel compito finale è valutato:

- (1) la presenza dei riferimenti alla letteratura rilevante per l'argomento trattato; (2) la giustificazione dell'approccio utilizzato nella progettazione della ricerca empirica, facendo riferimento a quanto presentato nel corso; (3) una discussione critica della rilevanza dello studio per l'insegnamento e apprendimento della fisica.

Testi di riferimento :

National Research Council, A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press, 2012
Osborne J., Dillon J. Eds., Good Practices in Science Teaching "What research has to say. England: McGraw-Hill Education, Open University Press, 2010

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Materiale fornito dal docente e reperibile sulla piattaforma Moodle del corso (slide/presentazioni, articoli di ricerca, tutorial, schede per lavori di gruppo, questionari di ricerca, etc.)

PHYSICS LABORATORY

(Titolare: Dott. LUCA STEVANATO)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 16A+32L; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Laboratori della Laurea Triennale.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Scopo del Corso è di addestrare all'uso di strumentazione per esperimenti di Fisica delle Interazioni fondamentali, Materia e Astrofisica e degli strumenti di analisi dati. Lo studente sarà in grado di gestire autonomamente un apparato di misura, acquisire ed analizzare i dati e valutare l'accuratezza dei risultati ottenuti.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni introduttive per la descrizione delle esperienze (16 ore, 2 CFU). Saranno poi formati gruppi di 3 studenti. Ciascun gruppo realizzerà 3 esperimenti.

Contenuti :

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 di Fisica delle Interazioni fondamentali, Materia e Astrofisica. Ogni studente svolgerà tre esperimenti.

Gli esperimenti proposti sono i seguenti: 1) Raggi Cosmici 2) Scattering Compton 3) Decadimento del positronio 4) Imaging con raggi gamma 5) Timing rapido 6) Fisica dei plasmi 7) Fluorescenza X 8) Radioattività naturale & Radon Counting. Nei primi cinque 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 connesse.

Modalità di esame :

Relazione scritta di gruppo sulle tre esperienze realizzate. Colloquio individuale con presentazione di una delle esperienze e possibili brevi domande sulle altre due. La presentazione prevede la descrizione del fenomeno fisico da esplorare, l'apparato strumentale con elettronica associata, le modalità di acquisizione ed analisi dati.

Criteri di valutazione :

Valutazione della capacità mostrata dallo studente in laboratorio. Valutazione delle relazioni scritte e dell'abilità dello studente nel presentare e discutere le esperienze realizzate.

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense disponibili in rete.

QUANTUM FIELD THEORY

(Titolare: Prof. MARCO MATONE)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Meccanica quantistica relativistica. Equazione di Klein-Gordon. Equazione di Dirac. Quantizzazione canonica del campo scalare e del campo fermionico.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso è incentrato sulla formulazione perturbativa della teoria quantistica dei campi. In particolare, le competenze e abilità da acquisire riguardano una buona conoscenza della formulazione path-integral della teoria dei campi, sia nel caso scalare che fermionico. Parte del corso riguarda la formulazione path-integral dell'elettrodinamica quantistica e la teoria della rinormalizzazione.

Oltre a tali conoscenze lo studente dovrà essere in grado di calcolare i contributi fino a 2-loop nel caso scalare (ϕ^4) e a 1-loop nel caso dell'elettrodinamica quantistica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il metodo d'insegnamento è basato su una presentazione consequenziale "ab-initio" della formulazione path-integral della teoria dei campi quantistici.

Contenuti :

INTRODUZIONE. Aspetti generali delle teorie di campo quantistiche. Formulazioni perturbative e non perturbative. Teoremi di Wigner e di von Neumann, rottura spontanea di simmetria. Teorema di Elitzur. Formulazione minkowskiana e euclidea.

Cenni sulla formulazione assiomatica: assiomi di Wightman, funzioni di Wightman, teorema di ricostruzione di Wightman. Funzioni di Schwinger e teorema di ricostruzione di Osterwalder e Schroeder.

FORMALISMO OPERATORIALE. Covarianza dell'equazione di Dirac. Teorema Spin statistica. Teorema PCT. Formula di riduzione di Lehman, Symanzik e Zimmerman.

PATH-INTEGRAL IN MECCANICA QUANTISTICA. Articolo di Dirac alla base dell'idea di Feynman. Oscillatore armonico forzato. Ampiezza vuoto-vuoto. Rotazione di Wick. Lagrangiane quadratiche. Effetto Bohm-Aharonov.

PATH-INTEGRAL PER LE TEORIE SCALARI. Derivata funzionale. Proprietà generali dell'integrale sui cammini per le teorie scalari. Metodi di convergenza. Propagatore di Feynman. Funzioni di Green. Azione effettiva. Equazione di Schwinger-Dyson. Il caso ϕ^4 . Linked-cluster theorem. Formulazione nell'euclideo. Tecniche di calcolo dei determinanti funzionali, l'equazione del calore. Proprietà di scaling della costante d'accoppiamento, dei determinanti e anomalia sotto dilatazioni. Regole di Feynman. Calcolo di alcuni diagrammi di Feynman per ϕ^4 . Funzioni proprie di vertice e teorema di Jona-Lasinio.

RINORMALIZZAZIONE. Divergenze ultraviolette e infrarosse. Regolarizzazione dimensionale. Teorie super-rinormalizzabili, rinormalizzabili e non-rinormalizzabili. Controtermini. Relazione tra le funzioni proprie di vertice rinormalizzate e nude. Prescrizioni di rinormalizzazione. La funzione beta. Polo di Landau. Punti fissi ultravioletti e infrarossi. Libertà asintotica e confinamento.

PATH-INTEGRAL FERMIONICO. Integrazione su variabili grassmaniane. Integrale sui cammini per i campi fermionici liberi. Regole di Feynman per campi spinoriali. Determinanti fermionici.

ELETTRODINAMICA QUANTISTICA. Simmetrie di gauge. Regole di Feynman per il campo di gauge. Gauge fixing. Calcolo dei diagrammi di Feynman a 1-loop della QED. Identità di Ward. Momento magnetico anomalo dell'elettrone. Rinormalizzazione della QED.

Modalità di esame :

L'esame consiste in una prova orale sul programma svolto. La prova inizia con il calcolo esplicito di un diagramma di Feynman (ϕ^4 o QED) scelto dallo studente. Successivamente saranno verificate le conoscenze e competenze dello studente con domande sui vari argomenti del corso. Non sono comunque richiesti i dettagli delle dimostrazioni dei teoremi introdotti nel corso.

Criteri di valutazione :

Si valuterà il grado di conoscenza e padronanza della materia raggiunto dallo studente. Dovrà mostrare di aver acquisito una buona conoscenza della formulazione path integral delle teorie di campo quantistiche. Ciò riguarda sia la struttura logica generale, che gli aspetti matematici e le motivazioni fisiche.

Testi di riferimento :

Itzykson, Claude; Zuber, Jean-Bernard, Quantum field theory Claude Itzykson and Jean-Bernard Zuber. Mineola: Dover, 2005

S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields. Vol I. : Cambridge University Press, 2005

Peskin, Michael E.; Schroeder, Daniel V., An introduction to quantum field theory Michael E. Peskin, Daniel V. Schroeder. : Westview Press, 1995

M. Matone & Students, QFT. : , 2018

Pierre Ramond, Field Theory: A Modern Primer, 2nd Edition. : Addison-Wesley, 1989

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Tra gli scopi del corso vi è quella di fornire una derivazione step-by-step di tutti i passaggi necessari per una consistente formulazione path integral della teoria dei campi quantistici. Per questo saranno forniti dettagli sugli aspetti più delicati e dimostrati teoremi raramente trattati in letteratura. A tal fine i testi includono le note

<https://www2.pd.infn.it/~matone/QFTCourseNotes.pdf>

alla cui stesura hanno contribuito gli stessi studenti. Gli studenti sono incoraggiati a fornire ulteriori contributi.

RADIOACTIVITY AND NUCLEAR MEASUREMENTS

(Titolare: Prof. MARCO MAZZOCCO)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 32A+16E; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Frequenza dei corsi di Istituzioni di Fisica Nucleare e Fisica Nucleare

Conoscenze e abilità da acquisire :

Introduzione alla Fisica Nucleare "contemporanea". Verranno presentate le principali linee di ricerca sperimentale in Fisica Nucleare con particolare attenzione all'attività svolta presso i Laboratori Nazionali di Legnaro e alla sperimentazione con Fasci Radioattivi Accelerati.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Le lezioni frontali prevedono l'ausilio di videoproiezioni ed eventualmente della lavagna.

Contenuti :

I decadimenti radioattivi: (richiami/approfondimento). Richiami di interazione delle particelle cariche e neutre con la materia nel range di energia della fisica nucleare e di tecniche di rivelazione.

Misure nucleari a bassa energia: Acceleratori di ioni: sorgente di ioni, trasporto del fascio, analisi magnetica. Spettrometri magnetici, rivelatori di neutroni, particelle cariche e radiazione gamma.

Dinamica delle reazioni con ioni pesanti: i diversi tipi di reazioni nucleari dalla diffusione elastica alla fusione completa. Tecniche specifiche di identificazione dei prodotti di reazione, telescopi di rivelatori. Misure di sezioni d'urto ad energie attorno alla barriera coulombiana. Misure di distribuzioni angolari e di funzioni di eccitazione.

Spettroscopia gamma: calibrazione in energia degli spettri gamma, calcolo dell'efficienza energetica, calcolo dell'attività. Distribuzione angolare gamma, multipolarità e polarizzazione. La correlazione angolare e la descrizione dello stato nucleare con il tensore statistico.

Misure di vita media di stati eccitati: metodo elettronico, plunger, DSAM, Mossbauer.

Fasci radioattivi: Metodi di produzione di ^{18}O e ^{15}N : Reazioni con fasci secondari ISOL: Eccitazione coulombiana, trasferimento di carica. Reazioni con fasci secondari relativistici: eccitazione coulombiana e inelastica, knock-out, scambio di carica. Decadimento beta: misure con Isol, In-flight, Total absorption spectrometry. Beta-delayed neutron emission.

Astrofisica nucleare: Cenni alle reazioni nucleari nelle stelle e alla sintesi degli elementi, Gamow peak, S-factor. Derivazione della velocità di reazione termonucleare. Dipendenza dalla temperatura della velocità di reazione nucleare. Cicli di combustione: combustione dell'idrogeno mediante la catena p-p e il ciclo CNO. Combustione dell'elio con reazioni 3-alfa e alfa + C. Reazioni di combustione nucleare avanzata. Misure di sezioni d'urto rilevanti: misure dirette underground, misure indirette Trojan-Horse, ecc.

Tecniche di misure di bassa radioattività: Il problema della radioattività ambientale, caratteristiche di un buon materiale schermante, panoramica sui materiali schermanti (piombo, rame OFHC, mercurio). Il Rn come contaminante in misure di bassa radioattività. Radioattività intrinseca del rivelatore. Effetti della radiazione cosmica.

Applicazioni: La datazione con radionuclidi. I radionuclidi in medicina nucleare. La fusione di nuclei leggeri per la produzione di energia. Cenni sui reattori nucleari. Spettrometria di massa con acceleratori per analisi in traccia. Analisi non distruttive con attivazione da neutroni.

Modalità di esame :

Esame orale sugli argomenti coperti durante il corso. E' prevista anche una parte di approfondimento personale.

Criteri di valutazione :

Preparazione dello studente.

Chiarezza espositiva.

Livello di approfondimento personale.

Testi di riferimento :

Knoll, Glenn F., Radiation detection and measurement Glenn F. Knoll. New York etc.: Wiley & Sons, 0

Krane, Kenneth S., Introductory nuclear physics Kenneth S. Krane. Hoboken: NJ, Wiley, 1987

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Monografie, articoli di rassegna ed articoli su riviste scientifiche consigliati dal docente durante le lezioni.

Trasparenze delle lezioni svolte in aula.

SOLID STATE PHYSICS

(Titolare: Prof. FRANCESCO ANCILOTTO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: 1 anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Conoscenze di elementi di Meccanica Quantistica di base

Conoscenze di elementi di Meccanica Statistica di base

(funzioni di distribuzioni, ensemble Canonico e gran Canonico, medie statistiche).

Conoscenze e abilità da acquisire :

Concetti fondamentali della fisica dei solidi e relazione

tra le leggi microscopiche e le proprietà

misurabili sperimentalmente.

Capacità di risolvere problemi che coinvolgono le

proprietà della materia condensata.

Capacità di applicare a sistemi reali semplici modelli

predittivi che incorporano proprietà della materia su scala microscopica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni in aula con uso di lavagna convenzionale e

proiettore per trasparenze.

Settimanalmente verranno proposti agli studenti dei

problemi inerenti argomenti trattati a lezione

nei giorni immediatamente precedenti, da risolvere

per conto proprio.

Contenuti :

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 monoatomiche e diatomiche;
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";
Conducibilità elettrica e termica nei metalli;
Legge di Wiedemann e Franz;
Semiconduttori;
Risonanza di ciclotrone;
Portatori nei semiconduttori intrinseci ed estrinseci;
"Drogaggio" e stati di drogante;
Mobilità;
Conducibilità elettrica nei semiconduttori;
Effetto Hall nei semiconduttori;
La superficie di Fermi nei metalli reali.
La superconduttività'.
Modalità di esame :
Esame orale sul programma svolto a lezione.

Criteri di valutazione :

Adeguata comprensione e visione di insieme di concetti e argomenti svolti a lezione.

Testi di riferimento :

N.Ashcroft e D.Mermin, "Solid State Physics". : ,
C.Kittel, "Introduzione alla Fisica dello Stato Solido". : ,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Vengono fornite le fotocopie (in formato pdf) delle slides mostrate a lezione.

STANDARD MODEL

(Titolare: Prof. PARIDE PARADISI)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Gli studenti dovranno essere famigliari con gli aspetti fondamentali della teoria dei campi, l'elettrodinamica quantistica e il calcolo delle ampiezze per i processi fisici tramite i diagrammi di Feynman.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Famigliarità con i principali aspetti delle interazioni elettrodeboli alla luce dei più recenti risultati sperimentali.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali con illustrazione della teoria elettrodebole mediante problemi svolti ed esercizi.

Contenuti :

Riepilogo costruzione Lagrangiana per il Modello Standard; interazioni Yukawiane e fisica del sapore; aspetti della fisica del mesone B; termini di massa per i neutrini, mescolamento leptonic e oscillazioni dei neutrini nel vuoto e nella materia; anomalie e il decadimento del pione in due fotoni; tests di precisione del Modello Standard; produzione e decadimento del bosone di Higgs. Il Modello Standard come una teoria effettiva e il problema della gerarchia. Evoluzione delle costanti di accoppiamento di Gauge: unificazione degli accoppiamenti, libertà asintotica e confinamento. Teorie di grande unificazione.

Modalita' di esame :

Esame orale

Criteri di valutazione :

L'esame orale e' volto a valutare la assimilazione da parte dello studente delle proprieta' delle Interazioni Elettrodeboli e la loro corretta applicazione nel contesto di semplici problemi.

Testi di riferimento :

Peskin, Michael E.; Schroeder, Daniel V., *An introduction to quantum field theory.* : Mass., Addison-Wesley, 1995

Schwartz, Matthew Dean, *Quantum field theory and the standard model.* : Cambridge univ. press, 2014

Cheng, Ta-Pei; Li, Ling-Fong, *Gauge theory of elementary particle physics.* : Clarendon Press, 1984

L. B. Okun, *Leptons and Quarks.* : North-Holland, 1982

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Appunti dalle lezioni.

STATISTICAL MECHANICS

(Titolare: Prof. ENZO ORLANDINI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo:

I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo:

Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche:

48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Istituzioni di Meccanica Statistica (corso tenuto al terzo anno della laurea triennale)

Termodinamica

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Dopo aver completato il corso, lo studente dovra' essere in grado di comprendere i concetti di base e le tecniche avanzate utilizzate in meccanica statistica.

In particolare lo studente dovrebbe

- 1) fornire un resoconto delle quantitA' rilevanti utilizzate per descrivere i sistemi macroscopici, i potenziali termodinamici e l'insieme.
- 2) Comprendere l'uso delle funzioni di partizione e la loro relazione con la termodinamica
- 3) Spiegare il concetto di transizioni di fase in modelli semplici cosA' come la fisica dei sistemi vicino ai punti critici.
- 4) Capire il ruolo della dimensione e dell'intervallo di interazione nelle transizioni di fase
- 5) Applicare la teoria dello scaling e del gruppo di rinormalizzazione
- 6) Capire la forza e la limitazione dei modelli
- 7) Mostrare una capacitA' analitica per risolvere problemi rilevanti per la fisica statistica

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso A' organizzato in lezioni frontali i cui contenuti sono presentati alla lavagna, a volte con ausilio di immagini, schemi e video.

L'insegnamento A' interattivo, con domande e presentazione di casi di studio, per promuovere la discussione e la riflessione critica in aula.

Contenuti :

I contenuti del programma, in sintesi, possono essere cosi' divisi

Termodinamica delle transizioni di fase.

Punti critici, parametro d'ordine ed esponenti critici.

Transizioni di fase e rottura spontanea di simmetria.

Argomenti entropia-energia e definizione di dimensione critica inferiore.

Modello di Ising.

Tecniche di risoluzione esatta per modelli unidimensionali: matrice di trasferimento. Approssimazione di campo medio, principio variazionale.

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

Funzioni di correlazione e funzioni di risposta. Scattering e funzioni di correlazione. Singolarita' critiche.

Relazioni di scala fra esponenti critici.

Omogeneita' e scaling di Kadanoff.

Gruppo di rinormalizzazione nello spazio reale. Universality.

Rottura spontanea di simmetria per simmetrie continue e teorema di Goldstone.

Notare che alcuni argomenti possono variare di anno in anno

Modalita' di esame :

La verifica delle conoscenze acquisite avviene attraverso una prova comune scritta con 1-2 esercizi da risolvere e 1-2 domande aperte su concetti di base. Queste ultime sono volte

ad evidenziare le conoscenze, il lessico scientifico, la capacitA' di sintesi e di discussione critica acquisite durante il corso.

La seconda parte dell' esame sara' invece orale e sara' basata su una discussione sui vari temi trattati e discussi a lezione.

Criteri di valutazione :

I criteri con cui verrA' effettuata la verifica delle conoscenze e abilitA' acquisite sono:

- 1) comprensione degli argomenti trattati;
- 2) capacitA' critica di collegamento delle conoscenze acquisite;
- 3) completezza delle conoscenze acquisite;
- 4) capacitA' di sintesi;
- 5) proprietA' delle terminologia utilizzata
- 6) capacita' di utilizzo delle metodologie e tecniche analitiche illustrate durante il corso per risolvere o almeno impostare problemi dove la meccanica statistica svolge un ruolo importante.

Testi di riferimento :

K. Huang, *Meccanica Statistica*. : Zanichelli,

L. Peliti, *Statistical Mechanics in a Nutshell*. : Princeton,

J. Yeomans, *Statistical mechanics of Phase transitions*. Oxford: Oxford University Press, 1992

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Tutto il materiale didattico utilizzato per le lezioni frontali (lezioni alla lavagna, articoli su casi di studio, review di aggiornamento rispetto ai contenuti dei testi consigliati) Ã reso disponibile agli studenti in formato pdf nella piattaforma e-learning: <https://elearning.unipd.it/>

SUBNUCLEAR PHYSICS

(Titolare: Prof. FRANCO SIMONETTO)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare, istituzioni di meccanica quantistica, dinamica relativistica, teoria quantistica dei campi, grafici di Feynman, interazione radiazione materia

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Fondamenti e metodologie sperimentali per lo studio della Fisica Subnucleare. Fenomenologia del Modello Standard: interazioni forti, elettromagnetiche, deboli, organizzazione delle particelle elementari, spettroscopia adronica. Capacita' di stimare, almeno per ordini di grandezza, le frequenze e le sezioni d'urto dei processi di maggiore interesse. Stato dell'arte e prospettive.

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali alla lavagna. Esercizi numerici. Lezioni con proiettore.

Contenuti :

Richiami dei concetti fondamentali : classificazione delle particelle elementari sulla base dei numeri quantici dettati da simmetrie e leggi di conservazione. Vita media. Risonanze e distribuzione di Breit Wigner.

QED, richiami di teoria, processi a livello albero e ordini superiori. Running coupling constant. Verifiche sperimentali: successi e problemi.

Interazioni deboli di leptoni e quark. Costante di Fermi (G_f), bosoni intermedi massivi, relazione tra G_f e MW. Decadimenti del muone e del tau: universalita' leptonica. Violazione di P e C nei processi deboli. Altri decadimenti deboli: beta decay di nuclei, barioni e mesoni: soppressione "per elicitazione". Interazioni di neutrini. Rottura spontanea di simmetria e bosone di Higgs. Misure a LEP e a LHC. Stato e prospettive

QCD. Struttura degli adroni. Annichilazione ee in adroni. Deep inelastic scattering e funzioni di struttura.

Fisica del sapore adronico: cenni sulla matrice CKM. Oscillazioni di sapore e violazione di CP. Stato e prospettive.

Modalita' di esame :

Esame scritto: soluzione di esercizi numerici, domande a risposta multipla, discussione su temi aperti; esame orale: a scelta interrogazione aperta sull'intero programma svolto, oppure discussione specifica su di un articolo pertinente scelto dallo studente tra quelli proposti a lezione.

Criteri di valutazione :

scritto : 10 punti (minimo 5) ; orale 20 punti (minimo 10) ; minimo complessivo 18.

Testi di riferimento :

Halzen, Francis; Martin, Alan Douglas, *Quarks and leptons an introductory course in modern particle physics* Francis Halzen, Alan D. Martin. New York [etc.]: J. Wiley, 0

Perkins, Donald H., *Introduction to high energy physics* Donald H. Perkins. Menlo Park: CA [etc.], Addison-Wesley, 0

Bettini, Alessandro, *Introduction to elementary particle physics* Alessandro Bettini. Cambridge: Cambridge University Press, 2014

De_Angelis, Alessandro; Pimenta, MÃ¡rio JoÃ£o Martins, *Introduction to particle and astroparticle physics* questions to the Universe Alessandro De Angelis, MÃ¡rio JoÃ£o Martins Pimenta. Milan [etc.]: Springer, 2015

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Appunti dalle lezioni, libri di testo. Si potranno scaricare da moodle copie delle diapositive mostrate.

THE PHYSICAL UNIVERSE

(Titolare: Prof. SABINO MATARRESE) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Si richiede la conoscenza dei concetti fondamentali di meccanica quantistica e di relativita' ristretta.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

La capacita' di affrontare una classe di fenomeni fisici e astronomici la cui comprensione richiede un approccio basato strumenti largamente interdisciplinari.

La capacita' di passare dalla formulazione astratta di alcuni principi fisici acquisiti nei corsi fondamentali del triennio e di strumenti matematici alla loro applicazione in un contesto per molti aspetti diverso da quello dei corsi di base.

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali.

Contenuti :

Concetti di base della Cosmologia

â€¢ Componenti principali dell'Universo. Evidenza osservativa della presenza di materia oscura ed energia oscura.

â€¢ Universo in espansione e Principio Cosmologico.

â€¢ Elemento di linea di Robertson-Walker. ProprietÃ geometriche.

â€¢ Costante di Hubble e parametro di decelerazione.
â€¢ Definizioni di distanza in Cosmologia; redshift e legge di Hubble.
â€¢ Deduzione Newtoniana delle equazioni di Friedmann.
â€¢ Modelli di Friedmann.
â€¢ La costante cosmologica: soluzione statica di Einstein e modello di de Sitter.
â€¢ Soluzioni per il caso piatto e per Universi con curvatura non nulla.

Storia termica e Universo primordiale

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

Materia oscura: proprietà generali

â€¢ Equazione di Boltzmann in cosmologia e relitti cosmici.
â€¢ Materia oscura calda e fredda: definizione, calcolo dell'abbondanza attuale e proprietà generali in cosmologia.

Elementi di astrofisica stellare

â€¢ Nucleosintesi primordiale degli elementi leggeri.
â€¢ Contrazione gravitazionale e condizioni per l'equilibrio idrostatico
â€¢ Indice adiabatico ed equilibrio.
â€¢ Condizioni per il collasso gravitazionale
â€¢ Teoria di Jeans dell'instabilità gravitazionale
â€¢ Teoria lineare delle perturbazioni nell'Universo in espansione (cenni)
â€¢ Collasso sferico di una protostruttura cosmica.
â€¢ La funzione di massa delle strutture cosmiche: teoria di Press & Schechter.
â€¢ Contrazione di una protostella
â€¢ Formazione stellare e gas degeneri di elettroni.
â€¢ Il Sole: proprietà generali, diffusione radiativa, fusione termonucleare.
â€¢ Nucleosintesi stellare
â€¢ Cicli stellari.
* Elementi di struttura stellare. Massa minima e massima per una stella.
â€¢ Fasi finali dell'evoluzione stellare: nane bianche, stelle di neutroni, buchi neri.
â€¢ Diagramma di Hertzsprung-Russell.

Modalità di esame :

Esame orale.

Criteri di valutazione :

L'esame orale mira a sondare la capacità dello studente di elaborare in modo autonomo le varie problematiche affrontate nel corso, partendo da alcuni concetti fondamentali.

Testi di riferimento :

Kolb, E.W. and Turner, M.S., *The Early Universe*. Redwood City, : Addison-Wesley, 1990

Coles, P. and Lucchin, F., *Cosmology, The Origin and Evolution of Cosmic Structure*. Chichester: Wiley and Sons., 2002

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Le parti rilevanti per il corso dei testi di riferimento verranno indicate a lezione (e sono deducibili dagli argomenti del programma). Saranno anche forniti appunti del docente su molti argomenti.

THEORETICAL PHYSICS

(Titolare: Prof. STEFANO RIGOLIN)

Periodo: 1 anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Istituzioni di Fisica Teorica

Conoscenze e abilità da acquisire :

Conoscenza e comprensione degli strumenti principali per la descrizione di una teoria quantistica di campo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali di teoria e esercizi

Contenuti :

Gruppo di Lorentz e di Poincaré e loro rappresentazioni. Equazioni d'onda relativistiche. Introduzione alla teoria di campo classica: Lagrangiana e principio variazionale, teorema di Noether, teoria di campo di Schroedinger, Klein-Gordon, Dirac e Elettromagnetica. Quantizzazione canonica di una teoria di campo relativistica libera. Teoria quantistica di campo interagente: espansione di matrice e regole di Feynman. Regole di Feynman della QED.

Modalità di esame :

Esame scritto e orale

Criteri di valutazione :

Verifica della comprensione dei contenuti del corso e della capacità di svolgere esercizi ad esso attinenti

Testi di riferimento :

B.C. Hall, *Lie groups, Lie algebras and Representations. An elementary introduction..* : Springer-Verlag, 2004

R. D'Áuria, M. Trigiante, *From Special Relativity to Feynman Diagrams.* : Springer, 2011

F. Mandl, G. Shaw, *Quantum Field Theory (2nd edition).* : John Wiley and Sons, 2010

THEORETICAL PHYSICS OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS

(Titolare: Prof. PIERPAOLO MASTROLIA)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Il corso richiede una conoscenza di base in fisica teorica e teoria quantistica dei campi, per campi liberi.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Come interagiscono le particelle.

Diagrammi di Feynman, Ampiezze e Sezioni d'urto.

Elettrodinamica quantistica.

Principi di Correzioni Radiative e Rinormalizzazione.

Teorie di gauge Abelian e non-Abelian.

Cromodinamica quantistica.

Unificazione Elettrodebole.

Meccanismo di Higgs e Modello Standard.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali ed esercizi

Contenuti :

Programma:

1. Elettrodinamica Quantistica.

Regole di Feynman e processi di scattering a livello di albero: diffusione di Rutherford, diffusione di Compton, Bhabha scattering, Bremsstrahlung.

2. Fondamenti di Correzioni radiative e Rinormalizzazione.

3. Teorie di gauge non-Abelian: derivate covarianti e campi di gauge, termini cinetici per i campi di gauge e autointerazione.

4. La teoria di gauge SU(3) e la Cromodinamica Quantistica.

L'algebra del "colore".

Regole di Feynman ed ampiezze di scattering per gluoni e quarks ad ordine albero.

5. Introduzione all'interazione Debole.

Teoria di Fermi: regole di Feynman e decadimento del muone.

La teoria di gauge SU(2) x U(1) e l'unificazione elettrodebole.

6. Rottura spontanea di una simmetria: rotture di una simmetria discreta; rottura di una simmetria U(1) globale; teorema di Goldstone; il meccanismo di Higgs.

7. Rottura spontanea della simmetria elettrodebole e doppietto di Higgs.

8. La Lagrangiana del Modello Standard.

Modalità di esame :

Prova scritta e prova orale

Criteri di valutazione :

Il superamento della prova scritta e' necessario per l'ammissione alla prova orale.

Testi di riferimento :

M.D. Schwartz, *Quantum Field Theory and the Standard Model.* : Cambridge University Press, 2014

M.E. Peskin, D.V. Schroeder, *An Introduction to Quantum Field Theory.* : Addison-Wesley Publishing Company,

F. Mandl and G. Shaw, *Quantum Field Theory.* : Wiley,

THEORY OF STRONGLY CORRELATED SYSTEMS

(Titolare: Prof. LUCA DELL'ANNA)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Conoscenze e abilità da acquisire :

Comprensione di alcuni fenomeni della fisica della materia tramite il metodo degli integrali funzionali.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni alla lavagna

Contenuti :

I Parte: Introduzione e formalismo del path integral.

- Richiami di meccanica quantistica di singola particella e di particelle identiche
- Seconda quantizzazione: operatori di creazione e distruzione
- Operatori di singola e doppia particella
- â€“ Stati coerenti bosonici
- Algebra di Grassmann
- Stati coerenti fermionici
- Digressione sugli integrali gaussiani con variabili complesse e grassmaniane
- Integrali di Feynman
- Funzione di partizione e tempo immaginario
- Equazione del moto ed approssimazione di fase stazionaria
- Applicazione degli integrali di Feynman alla doppia buca: gas di istantoni
- Integrale funzionale con gli stati coerenti bosonici e fermionici
- Funzione di partizione per particelle non interagenti e funzioni di Green
- Particelle interagenti: teoria perturbativa
- Integrale funzionale per il campo di gauge elettromagnetico

II Parte: Applicazioni.

- Gas di Coulomb
- â€“ Lâ€™approccio perturbativo
- â€“ Random Phase Approximation
- â€“ Il metodo dellâ€™integrale funzionale
- Bosoni non interagenti: condensazione di Bose-Einstein
- Teorema di Goldstone
- Bosoni interagenti: Superfluidità
- â€“ Lo spettro di Bogoliubov
- â€“ Criterio di Landau
- â€“ Lâ€™azione del modo di Goldstone
- â€“ Fenomenologia
- Superconduttività
- â€“ Fenomenologia ed equazioni di London
- â€“ Interazione elettrone- fonone
- â€“ Il problema di Cooper
- â€“ La teoria BCS con lâ€™integrale funzionale: la gap e la temperatura critica
- â€“ La teoria di Ginzburg-Landau
- â€“ Lâ€™azione del modo di Goldstone
- â€“ Lâ€™effetto Meissner ed il meccanismo di Higgs

Modalità di esame :

Orale

Criteri di valutazione :

Conoscenza degli argomenti trattati nel corso, capacità di calcolo analitico e di esposizione orale.

Testi di riferimento :

J.W. Negele, H. Orland, Quantum Many-Particle Systems. : ,
N. Nagaosa, Quantum Field Theory in Condensed Matter Physics. : ,
A. Altland, B. Simons, Condensed Matter Field Theory. : ,

Curriculum: Physics of the Universe

ADVANCED PHYSICS LABORATORY A

(Titolare: Prof. GIAMPAOLO MISTURA) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: 1 anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 16A+32L; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Laboratori degli anni precedenti e conoscenze di base di elettronica e ottica.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Capacità di progettare e realizzare autonomamente un apparato sperimentale di misura. Capacità di analizzare criticamente i risultati per individuare possibili cause di errori sistematici. Capacità di utilizzare le conoscenze acquisite nel percorso di studi per analizzare i dati e ottenere una misura affidabile di una data grandezza fisica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso ha un carattere prettamente sperimentale. Gli studenti partecipanti saranno ripartiti in gruppi da 2 - 3 persone ai quali sarÃ

affidata la realizzazione di una esperienza di fisica da scegliere a piacere fra quattro tipologie di esperimenti: elettronica, ottica, fisica delle particelle, fisica nucleare e fisica dello stato solido. Sono previste anche delle lezioni frontali nelle quali verranno dati elementi generali di fisica sperimentale.

Contenuti :

Tecniche generali di fisica sperimentale moderna. In particolare saranno approfonditi elementi di elettronica, ottica, criogenia e tecnica del vuoto.

Modalita' di esame :

Relazione scritta ed esame orale.

Criteri di valutazione :

Autonomia nello svolgimento dell'esperienza, capacit  di analisi critica dei risultati. Saranno inoltre valutate positivamente soluzioni originali proposte dallo studente al fine di condurre o migliorare le esperienze proposte.

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense scritte dai responsabili del corso scaricabili dal web.

ADVANCED PHYSICS LABORATORY B

(Titolare: Dott. MARCO BAZZAN) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 16A+32L; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Laboratori degli anni precedenti e conoscenze di base di elettronica e ottica.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Capacit  di progettare e realizzare autonomamente un apparato sperimentale di misura. Capacit  di analizzare criticamente i risultati per individuare possibili cause di errori sistematici. Capacit  di utilizzare le conoscenze acquisite nel percorso di studi per analizzare i dati e ottenere una misura affidabile di una data grandezza fisica.

Attivit  di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso ha un carattere prettamente pratico. Gli studenti partecipanti saranno ripartiti in gruppi da 2 - 3 persone ai quali sar  affidata la realizzazione di una esperienza di fisica da scegliere a piacere fra quattro tipologie di esperimenti: elettronica, ottica, fisica delle particelle, fisica nucleare e dello stato solido. Sono previste anche delle lezioni frontali nelle quali verranno dati elementi generali di fisica sperimentale.

Contenuti :

Tecniche generali di fisica sperimentale moderna. In particolare saranno approfonditi elementi di elettronica, ottica, criogenia e tecnica del vuoto.

Modalita' di esame :

Relazione scritta ed esame orale.

Criteri di valutazione :

Autonomia nello svolgimento dell'esperienza, capacit  di analisi critica dei risultati. Saranno inoltre valutate positivamente soluzioni originali proposte dallo studente al fine di condurre o migliorare le esperienze proposte.

Testi di riferimento :

Saleh, Bahaa E. A.; Teich, Malvin Carl, *Fundamentals of photonics* Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich. Hoboken: New Jersey, Wiley, 0

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense dei relatori disponibili sul web.

ASTROPARTICLE PHYSICS

(Titolare: Dott. FRANCESCO D'ERAMO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

  suggerito di seguire i seguenti corsi nel primo semestre: Fisica Teorica, Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali e Relativit  Generale.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

In questo corso, evidenzieremo la sinergia tra gli studi effettuali alle scale di lunghezza osservabili pi  grandi e pi  piccole. Come vedremo durante le lezioni, gli strumenti che abbiamo sviluppato studiando la Natura alle pi  piccole scale di lunghezza osservabili ci hanno permesso di ottenere un'immagine coerente dell'Universo. Secondo questo quadro, i costituenti fondamentali sono barioni, materia oscura e energia oscura, integrati da condizioni iniziali determinate da un'epoca di inflazione. Tuttavia, molte domande restano ancora senza risposta. Lo scopo di questo corso   quello di rendere gli studenti consapevoli di tali problemi, rivedere le soluzioni pi  comuni e potenzialmente discutere nuove idee adatte per un progetto di tesi di laurea magistrale.

Attivit  di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni alle lavagna.

Contenuti :

1) Simmetrie e Quantità Conservate nel Modello Standard della Fisica delle Particelle

2) Fisica delle Particelle nell'Universo in Espansione

3) Bilancio Energetico del nostro Universo

4) Nucleosintesi e suo Ruolo nel Testare Fisica oltre il Modello Standard

5) Modelli di Fisica delle Particelle per Bariogenesi

6) Produzione di Materia Oscura nell'Universo Primordiale

7) Inflazione e il suo Ruolo nella Produzione di Materia Oscura

8) Candidati di Materia Oscura da Fisica delle Particelle

9) Raggi Cosmici

10) Ricerche Sperimentali di Materia Oscura

11) Stelle come Laboratori di Fisica delle Particelle

Modalità di esame :

Esame orale.

Criteri di valutazione :

L'esame orale stabilirà il grado di comprensione del materiale svolto in classe e l'abilità ad esporlo in maniera logica e coerente.

Testi di riferimento :

Raffelt, Georg, Stars as Laboratories for Fundamental Physics. : The University of Chicago Press Book, 1996

Perkins, Donald H., Particle astrophysics D.H. Perkins. Oxford: Oxford University Press, 2009

Bergstrom, Lars; Goobar, Ariel, Cosmology and particle astrophysics Lars Bergstrom, Ariel Goobar. Berlin [etc.]: Springer, 0

Kolb, Edward; Turner, Michael, Early Universe. New York: Westview Press, 1994

Profumo, Stefano, An introduction to particle dark matter Stefano Profumo. New Jersey: World Scientific, 2017

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Agli studenti verranno fornite note riguardanti ogni argomento trattato in classe. Inoltre, in ogni capitolo delle note vi sarà la referenza alla letteratura rilevante che ha ispirato la discussione in classe.

COSMOLOGY

(Titolare: Prof. SABINO MATARRESE)

Periodo: 1 anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Le conoscenze acquisite nel corso di Istituzioni di Astrofisica e Cosmologia.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Scopo del corso e' quello di familiarizzare lo studente con i principali argomenti di ricerca della cosmologia moderna e a fornire i principali strumenti di analisi e di calcolo utilizzati in ambito cosmologico.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali. Dimostrazioni al computer.

Contenuti :

Introduzione generale

• Equazioni di Friedmann dalle equazioni di Einstein per la metrica di Robertson-Walker

La Radiazione Cosmica di Fondo (CMB)

• 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 \tilde{I}

• Equazioni di Einstein perturbate al primo ordine (perturbazioni scalari)

• Condizioni iniziali

• Evoluzione su scale super-horizon

• Oscillazioni acustiche e limite di tight coupling

• Free-streaming e ruolo della visibility function

• Cenni sull'evoluzione dei potenziali gravitazionali e Silk damping

• Espressione per i multipoli dell'anisotropia in temperatura \tilde{l}

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

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

L'instabilità gravitazionale

• Instabilità gravitazionale nell'Universo in espansione
• Equazioni di Boltzmann per un sistema di particelle non collisionali e il limite di fluido
• Approssimazione di Zel'dovich
• Approssimazione dell'adesione.
• Soluzione dell'equazione di Burgers 3D.

Metodi statistici in cosmologia

• Ipotesi ergodica e di "fair sample"
• Funzioni di correlazione a N-punti
• Spettro di potenza e teorema di Wiener-Khinchine
• Metodi di filtraggio
• Up-crossing regions e picchi del campo di densità
• Campi random Gaussiani e non-Gaussiani
* Approccio a path-integral alle perturbazioni cosmologiche

Modalità di esame :

L'esame può essere svolto con due differenti modalità.

1. Esame orale tradizionale sugli argomenti fondamentali trattati nel corso.

2. (solo per gli studenti che abbiano frequentato il corso) Tesina scritta su un argomento trattato nel corso e concordato con il docente.

La tesina dovrà contenere una trattazione approfondita dell'argomento scelto, basata sullo studio di articoli di review e/o capitoli di libri.

Il contenuto della tesina, che verrà poi esposto durante un colloquio con il docente, dovrà altresì provare l'acquisizione da parte dello studente della conoscenza dei principali argomenti trattati a lezione.

Criteri di valutazione :

Capacità di elaborazione autonoma del materiale trattato a lezione.

Testi di riferimento :

Dodelson, S., *Modern Cosmology*. Amsterdam: Academic Press, 2003

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Appunti del docente sulla quasi totalità degli argomenti trattati.

COSMOLOGY OF THE EARLY UNIVERSE

(Titolare: Prof. NICOLA BARTOLO)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Istituzioni di Astrofisica e Cosmologia (equivalentemente "The Physical Universe")

Conoscenze e abilità da acquisire :

Scopo del corso è quello di offrire allo studente gli strumenti necessari per comprendere e analizzare i principali aspetti che riguardano la fisica dell'universo primordiale, sia da un punto di vista modellistico che osservativo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali con proposte di esercizi ed esempi

Contenuti :

Introduzione generale. Il problema delle condizioni iniziali: perturbazioni di densità primordiali all'origine della formazione delle strutture dell'universo su grande scala

- Brevi richiami ai principali problemi del modello cosmologico standard
- Cosmologia inflazionaria nell'universo primordiale come soluzione ai problemi del modello standard

Modellistica:

- Modelli inflazionari: energia del vuoto e l'inflatone; dinamica di un campo scalare in un universo di Friedmann-Robertson-Walker; possibili realizzazioni dello scenario inflazionario
- Modelli inflazionari nell'ambito di fisica delle particelle delle alte energie
- Predizioni osservative dei modelli inflazionari: dalle perturbazioni quantistiche in un universo in espansione alle prime perturbazioni di densità primordiali; generazione di onde gravitazionali primordiali e loro osservabili

Fase di reheating e meccanismi di bariogenesi

Formalismo Delta-N e formalismo in-in per lo studio delle perturbazioni cosmologiche; esempio di applicazione: non-Gaussianità primordiale.

Perturbazioni cosmologiche in relatività generale:

- perturbazioni scalari, vettoriali e tensoriali
- trasformazioni di gauge
- equazioni di Einstein perturbate linearmente attorno alla metrica di Robertson-Walker

Test osservativi dell'universo primordiale

Modalità di esame :

Esame orale

Criteri di valutazione :

Apprendimento dei contenuti base del corso, capacità dello studente di elaborare in modo autonomo i concetti acquisiti, capacità di

ragionamento e di applicazione degli strumenti forniti dal corso.

Testi di riferimento :

Andrew R Liddle and David H Lyth, *The Primordial Density Perturbation*. : Cambridge University Press, 2009

Andrew R Liddle and David H Lyth, *Cosmological Inflation and Large-Scale Structure*. : Cambridge University Press, 2000

Kolb, E.W. and Turner, M.S., *The Early Universe*. Redwood City: Addison-Wesley, 1990

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Le parti rilevanti del corso saranno individuate nei testi di riferimento e per alcune parti del corso saranno a disposizione degli appunti del docente.

GENERAL RELATIVITY

(Titolare: Prof. GIANGUIDO DALL'AGATA)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Si consiglia Fisica Teorica.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso fornisce una introduzione alle basi teoriche e fenomenologiche della Relatività Generale. Lo studente dovrà anche appropriarsi delle tecniche di base per costruire e studiare le proprietà delle soluzioni delle equazioni di Einstein.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali. Esercitazioni settimanali.

Contenuti :

Geometria Riemanniana; Forme differenziali; Il principio di equivalenza; Equazioni di Einstein; Soluzione di Schwarzschild, limite Newtoniano; test sperimentali; spazi massimamente simmetrici; Buchi neri (Diagrammi di Penrose, buchi neri carichi e rotanti); Termodinamica dei buchi neri.

Modalità di esame :

Orale con domande su argomenti svolti a lezione e soluzione di un problema.

Criteri di valutazione :

Conoscenza e comprensione dei contenuti del corso, abilità nella soluzione di problemi elementari legati ai contenuti del corso.

Testi di riferimento :

S. Carroll, *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*. : Addison-Wesley, 2003

A. Zee, *Einstein Gravity in a Nutshell*. : Princeton University Press, 2013

F. de Felice, C.J.S. Clarke,, *Relativity on curved manifolds*. : Cambridge University Press, 1992

S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology*™. : Wiley, 1972

GRAVITATIONAL PHYSICS

(Titolare: Dott. GIACOMO CIANI)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Conoscenze di base di relatività generale sono suggerite, ma non essenziali.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Fondamenti di relatività generale; teoria linearizzata e onde gravitazionali (OG).

Meccanismi di generazione di OG e sorgenti astrofisiche.

Comprensione dei principi di funzionamento, principali limitazioni e prospettive future dei rivelatori di OG.

Elementi di analisi dei segnali gravitazionali.

Panoramica sullo stato attuale del campo dell'astronomia con OG.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali con teoria ed esempi

Contenuti :

Elementi di relatività generale. Onde gravitazionali (OG) nella teoria linearizzata; TT-gauge e detector frame; interazione con la masse in caduta libera e corpi rigidi.

Generazione di OG. Approssimazioni di quadrupolo e post-newtoniana. Perdita di energia e momento per emissione di OG. Esempi di sorgenti di OG: sistemi binari stabili e coalescenti, corpi rigidi rotanti, inspirals con rapporto di massa estremo.

Rivelazione di OG. Il sistema di Hulse-Taylor. Fondamenti di segnali stocastici e teoria del rumore. Barre risonanti. Moderni interferometri per OG: principi di base, sorgenti di rumore, limitazioni fondamentali e tecniche. Esperimenti futuri. Cenni di analisi dei dati.

Astronomia e scienza con le onde gravitazionali. Osservazioni attuali di collisioni fra buchi e neri e fra stelle di neutroni. Test della relatività generale. Implicazioni astrofisiche. Astronomia multi-messaggero.

Modalità di esame :

Esame orale mirato a verificare la comprensione concettuale degli argomenti presentati e l'abilità di affrontare correttamente e analizzare problemi specifici legati alla teoria e rivelazione delle OG.

Criteri di valutazione :

Lo studente deve dimostrare la comprensione e l'abilità di valutare criticamente i concetti, meccanismi e problemi legati alla generazione e rivelazione di radiazione gravitazionale.

Testi di riferimento :

Hobson, M. P.; Efstathiou, George Petros, *General relativity an introduction for physicists* M.P. Hobson, G.P. Efstathiou and A.N. Lasenby. Cambridge: Cambridge University Press, 2006

Maggiore, Michele, *Gravitational waves* Michele Maggiore. Oxford: Oxford University Press, 2008

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Le lezioni saranno basate su trasparenze preparate dal docente, che saranno rese disponibili agli studenti in anticipo rispetto alla lezione.

Porzioni di altre risorse scritte verranno indicate quando utili per parti specifiche del corso.

INTRODUCTION TO RESEARCH ACTIVITIES

(Titolare: Prof. ALBERTO CARNERA) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: 1 anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Non Ã richiesto alcun requisito specifico

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Lo studente acquisirÃ esperienza sull'organizzazione, svolgimento, presentazione e discussione dei risultati di una attivitÃ di ricerca.

Contenuti :

Lo studente parteciperÃ ad uno stage estivo della durata di circa 150 ore in un gruppo di ricerca del Dipartimento o di un laboratorio associato o presso una struttura esterna approvata.

La lista delle attivitÃ proposte sarÃ disponibile nel sito del "Corso di Laurea Magistrale" per la fine della primavera e gli studenti potranno scegliere fra le proposte pubblicate. L'attivitÃ verra svolta sotto la supervisione di un tutor.

Modalita' di esame :

Orale. Presentazione e discussione dei risultati della ricerca

Criteri di valutazione :

Verranno valutati la chiarezza, la capacitÃ di sintesi e la comprensione del contesto scientifico dell'attivitÃ svolta

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

MULTIMESSENGER ASTROPHYSICS

(Titolare: Prof.ssa Elisa Bernardini)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Il corso Ã indirizzato a studenti con basi di fisica delle particelle elementari e fisica nucleare.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

This course is an introduction to multi-messenger astrophysics, from a mostly experimental perspective. It covers different aspects connecting particle physics with astrophysics and cosmology. Numerous experimental findings recently obtained through the study of high-energy particles will be illustrated.

Topics include:

- * the dark Universe
- * particle interactions in matter
- * cosmic rays and their interactions
- * cosmic rays measurements
- * particles and radiation in the cosmos
- * Dark Matter
- * neutrino masses and oscillations.

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Frontal lectures and exercises.

Contenuti :

The term "multi-messenger" is quite new and increasingly used in astronomy and astroparticle physics. It refers to the combination of various techniques at different photon wavelengths and with different 'messengers', to get a deep understanding of the astrophysical objects we observe in the sky.

Visible light only reveals a very small portion of the mysteries of the Universe. Astronomical observations are nowadays routinely performed with different telescopes across the electromagnetic spectrum, from radio waves through visible light, all the way to gamma-rays. At the highest energies, the most violent processes in the Universe are at work.

Whatever produces high energy gamma-rays, is expected to accelerate particles to energies that exceed the capabilities of man-made accelerators a billion times. Such particles can reach the Earth as cosmic rays, first discovered more than 10 years ago, still nowadays one of the most mysterious "messages" from our Universe. Cosmic rays may interact in the vicinity or their sources or even along their way to Earth, to produce elusive particles called neutrinos. Neutrinos are extremely difficult to detect, but the year 2013 has seen the first clear observation of neutrinos from distant astrophysical objects by the IceCube detector at the South Pole, opening a new observational window to the Universe. Finally, most known sources of gamma-rays (and likely cosmic-rays and neutrinos) are associated with black holes or neutron stars. Whenever two such compact objects orbit around each other they are expected to produce gravitational waves. Most recently, in 2015, gravitational waves were first observed by the LIGO detectors in the USA from the merger

of two black holes.

The Nobel-prize winning direct detection of gravitational waves opened another window through which astronomers can observe the violent Universe.

Modalita' di esame :

Oral examination.

Testi di riferimento :

Bergstrom, Lars; Goobar, Ariel, *Cosmology and particle astrophysics*Lars Bergstrom, Ariel Goobar. Berlin [etc.]: Springer, 2004
Gruppen, Claus; Eidelman, Simon; Cowan, Glen; Stroh, Tilo, *Astroparticle physics*Claus Gruppenwith contributions from Glen Cowan, Simon Eidelman and Tito Stroh. Berlin: Springer,
De_Angelis, Alessandro; Pimenta, MÃ¡rio JoÃ£o Martins, *Introduction to particle and astroparticle physics Multimessenger Astronomy and its Particle Physics Foundations*. Milan [etc.]: Springer, 2018
Perkins, Donald H., *Particle astrophysics*D.H. Perkins. Oxford: Oxford University Press, 2009
Aharonian, Felix; Dermer, Charles D., *Astrophysics at very high energies*Felix Aharonian, Lars Bergstrom, Charles Dermer. Heidelberg [etc.]: Springer,
Spurio, Maurizio, *Particles and astrophysics a multi-messenger approach*Maurizio Spurio. Cham [etc.]: Springer, 2015

NUCLEAR ASTROPHYSICS

(Titolare: Dott. ANTONIO CACIOLLI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Elementi di meccanica quantistica e di fisica generale

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Il corso si propone di fornire una preparazione teorica e sperimentale che consentiranno allo studente di intraprendere attivita' di ricerca nell'ambito dell'astrofisica nucleare.

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni in aula.

Contenuti :

Reazioni termonucleari.

Definizione di sezione σ , fattore S astrofisico, tasso di reazione e derivazione del picco di Gamow.

Brucciamenti nucleari nelle stelle durante le fasi idrostatiche ed esplosive.

Cenni di modellistica stellare.

Brucciamento dell'idrogeno: catene p-p, cicli CNO, NeNa, MgAl

Brucciamento dell'elio: reazioni 3-alpha e alpha + 12C.

Reazioni di bruciamenti nucleari avanzati (C, Ne, O, Si).

I processi di cattura neutronica (s e r: lento e rapido).

Per ogni argomento verra' data una panoramica dei risultati piu' rilevanti nella letteratura recente.

Calcolo del rate di reazione in casi specifici (cattura diretta, risonanze strette, risonanza larghe)

Come svolgere un esperimento in Astrofisica Nucleare (ogni aspetto del corso verrÃ discusso in relazione alle facility sperimentali in attivita' e legati agli ultimi risultati scientifici prodotti)

Cenni sul fondo di radiazione naturale

Metodi di schermatura dei rivelatori

PerchÃ utile fare un esperimento in un laboratorio underground

Tecniche di accelerazione per ioni carichi

Cenni su tipologie di sistemi di rivelazione (neutroni, gamma, particelle cariche) e tecniche di calibrazione dei rivelatori

Derivazione sperimentale della sezione σ

Tipologie di bersagli, loro caratteristiche pro e contro (gas, jet e solid target)

Produzione e studio dei target e come questo influenza la misura sperimentale

Cenni sui metodi indiretti in astrofisica nucleare (THM, ANC, α !)

Modalita' di esame :

Verifica orale e/o scritta su tutti gli argomenti trattati nel corso.

Criteri di valutazione :

Accertamento della comprensione e della padronanza degli argomenti trattati.

Testi di riferimento :

C. E. Rolfs and W. S. Rodney, *Couldrons in the Cosmos*. : The Chicago University Press, 1988

C. Iliadis, *Nuclear Physics of Stars*. : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, 2007

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Diapositive e altro materiale reso disponibile in formato elettronico agli studenti.

NUCLEAR PHYSICS

(Titolare: Prof.ssa SILVIA MONICA LENZI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Meccanica quantistica.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Lo studente approfondirà alcuni degli argomenti visti nel corso di Istituzioni di Fisica Nucleare della Laurea Triennale e sarà introdotto a nuovi argomenti sia sulle reazioni nucleari, sia sulla struttura del nucleo. Il corso fornisce una buona conoscenza delle proprietà del nucleo atomico che implica l'utilizzo di modelli a molti corpi. Inoltre verranno presentati e discussi i problemi più attuali della Fisica Nucleare. Lo studente sarà in grado di interpretare le diverse proprietà e modi di eccitazione dei nuclei.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Le lezioni si svolgono con l'ausilio di slides.

Contenuti :

Programma di Fisica Nucleare 2017/2018

Parte prima: Struttura del nucleo e modelli nucleari

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

Grandezze conservate

Simmetrie nella struttura dei nuclei

Metodi sperimentali per la struttura nucleare

Modelli nucleari:

1) Modelli collettivi:

Modello della goccia liquida, Modello a gas di Fermi: applicazioni, Deformazione nucleare,

Eccitazioni collettive,

Moti vibrazionali,

Moti rotazionali,

Energy Density Functional

2) Modello Microscopici:

Modello di Hartree Fock,

Modello a shell interattivo,

Modello di Nilsson.

Parte Seconda: Reazioni nucleari

Introduzione: proprietà del nucleo

-energia di legame

-equazione semiempirica di massa

-proprietà elettromagnetiche statiche dei nuclei: Momenti di multipolo

Le forze nucleari e il potenziale nucleare

- interazione nucleone-nucleone

- Il deutone

- isospin

- diffusione nucleone-nucleone

- proprietà delle forze nucleari

Reazioni Nucleari

- considerazioni generali: Cinematica delle collisioni a due corpi

- tipi di reazione e le osservabili coinvolte

- diffusione elastica e sezione d'urto di reazione

- reazioni di nucleo composto

- reazioni di Knock-out

Reazioni con Ioni Pesanti

- reazioni di trasferimento quasi-elastico di nucleoni

- aspetti fenomenologici delle reazioni nucleari alla barriera Coulombiana,

- fusione completa, formazione e decadimento del nucleo composto

- reazioni di fusione di interesse astrofisico

- tecniche sperimentali

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

Modalità di esame :

L'esame consiste in una prova orale con eventuale presentazione di un lavoro di ricerca su argomenti diversi proposti dal docente.

Criteri di valutazione :

Buon dominio dei principali argomenti del corso.

Testi di riferimento :

Kris Heyde, Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1999

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

I libri di testo e le slides messe a disposizione dai docenti nel sito moodle. Inoltre verrà messo a disposizione altro materiale di rassegna di carattere didattico sugli argomenti più attuali della fisica nucleare teorica, sperimentale e applicata.

PHYSICS EDUCATION

(Titolare: Prof.ssa ORNELLA PANTANO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

È richiesta la conoscenza dei contenuti di base di Fisica classica e moderna.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- spiegare e discutere riguardo le diverse prospettive teoriche utilizzate nella ricerca in didattica della fisica;
- progettare, realizzare e valutare l'insegnamento su specifici argomenti di fisica sulla base dei risultati della ricerca didattica;
- pianificare e realizzare una ricerca empirica sull'insegnamento e apprendimento della fisica;
- spiegare, discutere e collegare il ruolo della ricerca didattica all'insegnamento e apprendimento della fisica;
- individuare, presentare e discutere in modo critico la letteratura che riguarda la ricerca in didattica della fisica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso è costruito per mostrare in azione un'ampia varietà di metodologie didattiche. Nel corso gli studenti faranno esperienza diretta di lezione dialogata introdotta dalla lettura preparatoria di testi sulla ricerca didattica, attività di microteaching, co-progettazione, valutazione peer-to-peer, attività di cooperative learning, lavoro di gruppo.

Contenuti :

L'insegnamento e l'apprendimento della fisica: i temi e approcci teorici più importanti nella ricerca in didattica della fisica.

Le idee chiave in fisica, le pratiche scientifiche e i concetti trasversali nelle scienze. Lo sviluppo storico di idee in fisica e la loro rilevanza per l'insegnamento e l'apprendimento della fisica.

I diversi approcci teorici per spiegare e interpretare la comprensione dei contenuti di fisica degli studenti e le difficoltà incontrate e la loro applicazione nell'insegnamento della fisica. Il ruolo e l'importanza dell'interesse e motivazione degli studenti nell'apprendimento della fisica. Approcci attivi all'insegnamento, centrati sullo studente.

Il ruolo del lavoro pratico e delle tecnologie nell'insegnamento e apprendimento della fisica.

Il valore e l'uso di ambienti extrascolastici e informali per costruire percorsi personalizzati e favorire l'apprendimento della fisica.

Analisi dei nodi concettuali di alcuni temi di fisica classica e moderna e loro ricostruzione in chiave didattica.

L'astronomia come contesto all'interno del quale proporre argomenti di fisica classica e moderna.

Modalità di esame :

L'esame consiste in due parti:

- (1) consegna di sintesi e commenti scritti su specifici articoli e materiali indicati durante il corso (40%);
- (2) presentazione di un progetto scritto al termine del corso sullo sviluppo e realizzazione di una ricerca empirica su un argomento di fisica indicato dal docente (60%).

Criteri di valutazione :

Nei compiti scritti è valutato:

- (1) la partecipazione alle attività, (2) la capacità di presentare e discutere in modo critico i risultati della ricerca didattica e come questi possono essere utilizzati per favorire l'apprendimento della fisica e migliorare l'insegnamento e la progettazione del curriculum.

Nel compito finale è valutato:

- (1) la presenza dei riferimenti alla letteratura rilevante per l'argomento trattato; (2) la giustificazione dell'approccio utilizzato nella progettazione della ricerca empirica, facendo riferimento a quanto presentato nel corso; (3) una discussione critica della rilevanza dello studio per l'insegnamento e apprendimento della fisica.

Testi di riferimento :

National Research Council, A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press, 2012

Osborne J., Dillon J. Eds., Good Practices in Science Teaching "What research has to say. England:: McGraw-Hill Education, Open University Press, 2010

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Materiale fornito dal docente e reperibile sulla piattaforma Moodle del corso (slide/presentazioni, articoli di ricerca, tutorial, schede per lavori di gruppo, questionari di ricerca, ecc!)

PHYSICS LABORATORY

(Titolare: Dott. LUCA STEVANATO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 16A+32L; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Laboratori della Laurea Triennale.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Scopo del Corso è di addestrare all'uso di strumentazione per esperimenti di Fisica delle Interazioni fondamentali, Materia e Astrofisica e degli strumenti di analisi dati. Lo studente sarà in grado di gestire autonomamente un apparato di misura, acquisire ed analizzare i dati e valutare l'accuratezza dei risultati ottenuti.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni introduttive per la descrizione delle esperienze (16 ore, 2 CFU). Saranno poi formati gruppi di 3 studenti. Ciascun gruppo realizzerà 3 esperimenti.

Contenuti :

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 di Fisica delle Interazioni fondamentali, Materia e Astrofisica. Ogni studente svolgerà tre esperimenti.

Gli esperimenti proposti sono i seguenti: 1) Raggi Cosmici 2) Scattering Compton 3) Decadimento del positronio 4) Imaging con raggi gamma 5) Timing rapido 6) Fisica dei plasmi 7) Fluorescenza X 8) Radioattività naturale & Radon Counting. Nei primi cinque 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 connesse.

Modalità di esame :

Relazione scritta di gruppo sulle tre esperienze realizzate. Colloquio individuale con presentazione di una delle esperienze e possibili brevi domande sulle altre due. La presentazione prevede la descrizione del fenomeno fisico da esplorare, l'apparato strumentale con elettronica associata, le modalità di acquisizione ed analisi dati.

Criteri di valutazione :

Valutazione della capacità mostrata dallo studente in laboratorio. Valutazione delle relazioni scritte e dell'abilità dello studente nel presentare e discutere le esperienze realizzate.

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense disponibili in rete.

PHYSICS OF FLUIDS AND PLASMAS

(Titolare: Dott. TOMMASO BOLZONELLA) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali.

Contenuti :

Il corso presenta, ad un livello avanzato, alcuni tra i principali elementi della fisica dei fluidi neutri e dei plasmi. 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. Durante il corso si farà riferimento ad esempi ed applicazioni sia in ambito astrofisico che fusionistico.

Introduzione generale: fluidi e plasmi in natura ed in laboratorio. Caratteristiche e limiti delle teorie per la descrizione di fluidi e plasmi. L'equazione di Boltzmann non collisionale.

Fluidi neutri: l'equazione di Boltzmann collisionale; le equazioni dei momenti e la derivazione della fluidodinamica. Proprietà dei fluidi ideali e derivazione macroscopica delle equazioni della fluidodinamica. Flussi viscosi. Teoria lineare di onde e instabilità. L'approccio perturbativo. Turbolenza nei fluidi neutri, la teoria di Kolmogorov.

Plasmi: proprietà fondamentali ed esempi in natura e laboratorio. Teoria delle orbite. Dinamica di un sistema di molte particelle cariche. Modello cinetico per un plasma: la gerarchia BBGKY, l'equazione di Vlasov; . Il modello a due fluidi. Processi non collisionali; lo smorzamento di Landau. 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 e 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 MHD.

Modalità di esame :

Orale

Criteri di valutazione :

Conoscenza del programma svolto e capacità di rielaborazione autonoma del materiale presentato a lezione

Testi di riferimento :

CONTENUTO NON PRESENTE

RELATIVISTIC ASTROPHYSICS

(Titolare: Prof. ROBERTO TUROLLA)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Elettrodinamica, Istituzioni di Astrofisica e Cosmologia, Relatività speciale

Conoscenze e abilità da acquisire :

Scopo del corso è di fornire agli studenti una panoramica delle proprietà osservative e della modellistica delle Sorgenti Compatte

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali con esercizi ed esempi

Contenuti :

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

Complementi di Relatività Generale. Metrica esterna di Schwarzschild e sue proprietà. Moto geodetico in Schwarzschild. Metrica interna di Schwarzschild, strutture in equilibrio idrostatico, equazione di Tolman-Oppenheimer-Volkoff. 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'età. Il diagramma P-Pdot. Raffreddamento delle stelle di neutroni. Neutrino cooling: URCA e modified URCA. Cooling radiativo. Curve di cooling.

Modalità di esame :

Prova orale

Criteri di valutazione :

La prova orale è volta ad accertare l'acquisizione delle conoscenze di base dell'astrofisica relativistica, le capacità di ragionamento e di comprensione dello studente.

Testi di riferimento :

Nobili, L., *Astrofisica Relativistica*. Padova: CLEUP, 2000

Frank, J., King, A.R., Raine, D.J., *Accretion power in astrophysics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002

Rybicki, G.B., Lightman, A.P., *Radiative processes in astrophysics*. New York: Wiley, 1985

SOLID STATE PHYSICS

(Titolare: Prof. FRANCESCO ANCILOTTO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: 1 anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Conoscenze di elementi di Meccanica Quantistica di base

Conoscenze di elementi di Meccanica Statistica di base

(funzioni di distribuzioni, ensemble Canonico e gran Canonico, medie statistiche).

Conoscenze e abilità da acquisire :

Concetti fondamentali della fisica dei solidi e relazione tra le leggi microscopiche e le proprietà misurabili sperimentalmente.

Capacità di risolvere problemi che coinvolgono le proprietà della materia condensata.

Capacità di applicare a sistemi reali semplici modelli

predittivi che incorporano proprietà della materia su scala microscopica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni in aula con uso di lavagna convenzionale e proiettore per trasparenze.

Settimanalmente verranno proposti agli studenti dei problemi inerenti argomenti trattati a lezione nei giorni immediatamente precedenti, da risolvere per conto proprio.

Contenuti :

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 monoatomiche e diatomiche;
Spettroscopia dei fononi;
Propriet  termiche dei cristalli;
Calore specifico reticolare;
Effetti anarmonici: espansione termica, conducibilit  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";
Conducibilit  elettrica e termica nei metalli;
Legge di Wiedemann e Franz;
Semiconduttori;
Risonanza di ciclotrone;
Portatori nei semiconduttori intrinseci ed estrinseci;
"Drogaggio" e stati di drogante;
Mobilit  ;
Conducibilit  elettrica nei semiconduttori;
Effetto Hall nei semiconduttori;
La superficie di Fermi nei metalli reali.
La superconduttivit .
Modalit  di esame :
Esame orale sul programma svolto a lezione.

Criteri di valutazione :

Adeguata comprensione e visione di insieme di concetti e argomenti svolti a lezione.

Testi di riferimento :

N.Ashcroft e D.Mermin, "Solid State Physics". : ,
C.Kittel, "Introduzione alla Fisica dello Stato Solido". : ,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Vengono fornite le fotocopie (in formato pdf) delle slides mostrate a lezione.

STATISTICAL MECHANICS

(Titolare: Prof. ENZO ORLANDINI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Istituzioni di Meccanica Statistica (corso tenuto al terzo anno della laurea triennale)
Termodinamica

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Dopo aver completato il corso, lo studente dovr  essere in grado di comprendere i concetti di base e le tecniche avanzate utilizzate in meccanica statistica.

In particolare lo studente dovrebbe

- 1) fornire un resoconto delle quantit  rilevanti utilizzate per descrivere i sistemi macroscopici, i potenziali termodinamici e l'insieme.
- 2) Comprendere l'uso delle funzioni di partizione e la loro relazione con la termodinamica
- 3) Spiegare il concetto di transizioni di fase in modelli semplici cos  come la fisica dei sistemi vicino ai punti critici.
- 4) Capire il ruolo della dimensione e dell'intervallo di interazione nelle transizioni di fase
- 5) Applicare la teoria dello scaling e del gruppo di rinormalizzazione
- 6) Capire la forza e la limitazione dei modelli
- 7) Mostrare una capacit  analitica per risolvere problemi rilevanti per la fisica statistica

Attivit  di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Il corso   organizzato in lezioni frontali i cui contenuti sono presentati alla lavagna, a volte con ausilio di immagini, schemi e video. L'insegnamento   interattivo, con domande e presentazione di casi di studio, per promuovere la discussione e la riflessione critica in aula.

Contenuti :

I contenuti del programma, in sintesi, possono essere così divisi

Termodinamica delle transizioni di fase.

Punti critici, parametro d'ordine ed esponenti critici.

Transizioni di fase e rottura spontanea di simmetria.

Argomenti entropia-energia e definizione di dimensione critica inferiore.

Modello di Ising.

Tecniche di risoluzione esatta per modelli unidimensionali: matrice di trasferimento. Approssimazione di campo medio, principio variazionale.

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

Funzioni di correlazione e funzioni di risposta. Scattering e funzioni di correlazione. Singolarità critiche.

Relazioni di scala fra esponenti critici.

Omogeneità e scaling di Kadanoff.

Gruppo di rinormalizzazione nello spazio reale. Universality.

Rottura spontanea di simmetria per simmetrie continue e teorema di Goldstone.

Notare che alcuni argomenti possono variare di anno in anno

Modalità di esame :

La verifica delle conoscenze acquisite avviene attraverso una prova comune scritta con 1-2 esercizi da risolvere e 1-2 domande aperte su concetti di base. Queste ultime sono volte

ad evidenziare le conoscenze, il lessico scientifico, la capacità di sintesi e di discussione critica acquisite durante il corso.

La seconda parte dell' esame sarà invece orale e sarà basata su una discussione sui vari temi trattati e discussi a lezione.

Criteri di valutazione :

I criteri con cui verrà effettuata la verifica delle conoscenze e abilità acquisite sono:

1) comprensione degli argomenti trattati;

2) capacità critica di collegamento delle conoscenze acquisite;

3) completezza delle conoscenze acquisite;

4) capacità di sintesi;

5) proprietà delle terminologie utilizzate

6) capacità di utilizzo delle metodologie e tecniche analitiche illustrate durante il corso per risolvere o almeno impostare problemi dove la meccanica statistica svolge un ruolo importante.

Testi di riferimento :

K. Huang, *Meccanica Statistica*. : Zanichelli,

L. Peliti, *Statistical Mechanics in a Nutshell*. : Princeton,

J. Yeomans, *Statistical mechanics of Phase transitions*. Oxford: Oxford University Press, 1992

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Tutto il materiale didattico utilizzato per le lezioni frontali (lezioni alla lavagna, articoli su casi di studio, review di aggiornamento rispetto ai contenuti dei testi consigliati) è reso disponibile agli studenti in formato pdf nella piattaforma e-learning: <https://elearning.unipd.it/>

STELLAR STRUCTURE AND EVOLUTION

(Titolare: Prof.ssa PAOLA MARIGO) - Mutuato da: Laurea in Astronomia

Periodo: 1 anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the Universe

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Elementi di trigonometria piana, derivate, integrali, nozioni di base di fisica.

Insegnamenti propedeutici: Astronomia I e Astronomia II (mod. A) del Corso di Laurea in Astronomia.

Conoscenze e abilità da acquisire :

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti i fondamenti teorici della struttura e dell'evoluzione delle stelle, dalla loro nascita fino agli stadi finali.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni in aula, con utilizzo sia di metodologia classica (lezioni alla lavagna) che di supporti multimediali (diapositive, filmati, applet, interfacce-web per la generazione in tempo reale di modelli stellari). Le lezioni sono tenute in lingua inglese.

Contenuti :

1) Introduzione e panoramica dell'insegnamento. Vincoli osservativi, il diagramma H-R, relazioni massa-luminosità e massa-raggio, popolazioni stellari e abbondanze chimiche.

2) Idrostatica, energetica e scale di tempo. Derivazione di tre equazioni della struttura stellare (conservazione di massa, quantità di moto ed energia). Equilibrio idrostatico e termico. Derivazione del teorema del viriale e le sue conseguenze per l'evoluzione stellare.

Derivazione delle scale di tempo caratteristiche dell'evoluzione stellare.

3) Equazione di stato (EoS). Equilibrio termodinamico locale. Derivazione generale di n , U , P , dalla meccanica statistica. Casi limite: gas ideale, degenerazione. Miscela di gas e radiazione. Processi adiabatici. Ionizzazione (equazione di Saha, conseguenze per le proprietà termodinamiche).

4) Trasporto di energia all'interno delle stelle. La 4a equazione della struttura stellare: l'equazione del trasporto di energia.

Approssimazione diffusiva del trasporto di radiazione. Il gradiente di temperatura radiativo. Opacità. Luminosità di Eddington.

Convezione: Derivazione di criteri di stabilità (Schwarzschild, Ledoux). Trasporto di energia convettivo. Teoria della Mixing Length.

5) Reazioni termonucleari. Produzione di energia nucleare (energia di legame). Derivazione della velocità di reazione termonucleare (sezioni d'urto, effetto tunnel, picco di Gamow). Dipendenza dalla temperatura della velocità di reazione nucleare. Cicli di combustione:

bruciamento dell'idrogeno mediante la catena p-p e il ciclo CNO. Bruciamento dell'elio: reazioni 3-alfa e alfa + C. Reazioni di bruciamenti nucleari avanzati.

6) Le equazioni dell'evoluzione stellare. Introduzione, derivate rispetto a tempo / spazio, casi limite. Condizioni al contorno e loro effetto sulla struttura stellare. Metodi di soluzione.

7) Modelli stellari semplici. Modelli politropici. Relazioni di omologia: principi, derivazione, applicazione alle fasi di contrazione gravitazionale e alla fase di sequenza principale.

8) Evoluzione schematica dal teorema del viriale (VT). Evoluzione delle regioni centrali della stella combinando il VT ed EOS: tracce evoluzione in termini di (P, ρ) e (T, ρ) . Evoluzione o meno verso la condizione di degenerazione del gas. La massa di Chandrasekhar, stelle di piccola massa vs stelle massicce. Masse critiche per l'innesco dei bruciamenti, nane brune, cicli di combustione nucleare.

9) Evoluzione dettagliata: verso e sulla sequenza principale (MS).

Semplice derivazione della linea di Hayashi, evoluzione di pre-MS. Proprietà della ZAMS: relazioni M-L e M-R, comparsa delle regioni convettive. Evoluzione durante la MS: cambiamenti strutturali, caratteristiche di stelle di piccola massa vs quelle di massa elevata, effetti di overshooting.

10) Evoluzione di Post-MS. Il limite di Schoenberg-Chandrasekhar, il principio dello specchio. La fase di bruciamento di H in shell: Hertzsprung-gap, la fase di ramo di gigante rossa (RGB), il primo dredge-up. La fase di bruciamento centrale di elio: ramo orizzontale, loop delle Cefeidi. perdita di massa in RGB.

11) Stadi evolutivi avanzati delle stelle di massa piccola e intermedia. La fase di II ramo asintotico (AGB): pulsazioni termiche, secondo e terzo dredge-up, perdita di massa, nucleosintesi. Nane bianche: struttura, effetti non ideali, Descrizione semplificata della teoria del raffreddamento.

12) Evoluzione di pre-supernova di stelle massicce. Importanza della perdita di massa in tutto il diagramma H-R (stelle O, RSG, LBV e WR). Evoluzione del nucleo: cicli di combustione nucleare e perdite di neutrini.

13) Esplosioni di supernova e resti di stelle massicce. Evoluzione del nucleo fino al collasso. Supernovae di tipo Ia.

Modalità di esame :

Verifica orale e/o scritta con domande aperte su tutti gli argomenti trattati nell'insegnamento.

Criteri di valutazione :

Accertamento della comprensione e della padronanza degli argomenti trattati.

Testi di riferimento :

Kippenhahn, Rudolf; Weiss, Achim, *Stellar Structure and Evolution*. Heidelberg: Springer, 2012

Salaris, Maurizio; Cassisi, Santi, *Evolution of Stars and Stellar Populations*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2005

Prialnik, Dina, *An Introduction to the Theory of Stellar Structure and Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010

Hansen, Carl J.; Kawaler, Steven D.; Trimble, Virginia, *Stellar Interiors: Physical Principles, Structure, and Evolution*. New York: Springer, 2004

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Diapositive e altro materiale reso disponibile in formato elettronico agli studenti. I testi di riferimento non sono obbligatori e possono essere consultati presso l'ufficio del docente.

THE PHYSICAL UNIVERSE

(Titolare: Prof. SABINO MATARRESE)

Periodo: 1 anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Si richiede la conoscenza dei concetti fondamentali di meccanica quantistica e di relatività ristretta.

Conoscenze e abilità da acquisire :

La capacità di affrontare una classe di fenomeni fisici e astronomici la cui comprensione richiede un approccio basato su strumenti largamente interdisciplinari.

La capacità di passare dalla formulazione astratta di alcuni principi fisici acquisiti nei corsi fondamentali del triennio e di strumenti matematici alla loro applicazione in un contesto per molti aspetti diverso da quello dei corsi di base.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali.

Contenuti :

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 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.

â€¢ Asimmetria barionica. Bariogenesi (cenni).
â€¢ La ricombinazione dell'idrogeno: equazione di Saha. Disaccoppiamento della radiazione. Radiazione Cosmica alle Microonde.
â€¢ Definizione generale di "disaccoppiamento".

Materia oscura: proprietÃ generali

â€¢ Equazione di Boltzmann in cosmologia e relitti cosmici.
â€¢ Materia oscura calda e fredda: definizione, calcolo dell'abbondanza attuale e proprietÃ generali in cosmologia.

Elementi di astrofisica stellare

â€¢ Nucleosintesi primordiale degli elementi leggeri.
â€¢ Contrazione gravitazionale e condizioni per lâ€™equilibrio idrostatico
â€¢ Indice adiabatico ed equilibrio.
â€¢ Condizioni per il collasso gravitazionale
â€¢ Teoria di Jeans dellâ€™instabilitÃ gravitazionale
â€¢ Teoria lineare delle perturbazioni nellâ€™Universo in espansione (cenni)
â€¢ Collasso sferico di una protostruttura cosmica.
â€¢ La funzione di massa delle strutture cosmiche: teoria di Press & Schechter.
â€¢ Contrazione di una protostella
â€¢ Formazione stellare e gas degeneri di elettroni.
â€¢ Il Sole: proprietÃ generali, diffusione radiativa, fusione termonucleare.
â€¢ Nucleosintesi stellare
â€¢ Cicli stellari.
* Elementi di struttura stellare. Massa minima e massima per una stella.
â€¢ Fasi finali dellâ€™evoluzione stellare: nane bianche, stelle di neutroni, buchi neri.
â€¢ Diagramma di Hertzsprung-Russell.

Modalita' di esame :

Esame orale.

Criteri di valutazione :

L'esame orale mira a sondare la capacitÃ dello studente di elaborare in modo autonomo le varie problematiche affrontate nel corso, partendo da alcuni concetti fondamentali.

Testi di riferimento :

Kolb, E.W. and Turner, M.S., *The Early Universe*. Redwood City,: Addison-Wesley, 1990
Coles, P. and Lucchin, F., *Cosmology, The Origin and Evolution of Cosmic Structure*. Chichester: Wiley and Sons., 2002
Phillips, A.C., *The Physics of Stars*. Chichester: Wiley and Sons., 1994

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Le parti rilevanti per il corso dei testi di riferimento verranno indicate a lezione (e sono deducibili dagli argomenti del programma). Saranno anche forniti appunti del docente su molti argomenti.

THEORETICAL PHYSICS

(Titolare: Prof. STEFANO RIGOLIN) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Istituzioni di Fisica Teorica

Conoscenze e abilita' da acquisire :

Conoscenza e comprensione degli strumenti principali per la descrizione di una teoria quantistica di campo.

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali di teoria e esercizi

Contenuti :

Gruppo di Lorentz e di Poincare' e loro rappresentazioni. Equazioni d'onda relativistiche. Introduzione alla teoria di campo classica: Lagrangiana e principio variazionale, teorema di Noether, teoria di campo di Schroedinger, Klein-Gordon, Dirac e Elettromagnetica. Quantizzazione canonica di una teoria di campo relativistica libera. Teorica quantistica di campo interagente: espansione di matrice e regole di Feynman. Regole di Feynman della QED.

Modalita' di esame :

Esame scritto e orale

Criteri di valutazione :

Verifica della comprensione dei contenuti del corso e della capacitÃ di svolgere esercizi ad esso attinenti

Testi di riferimento :

B.C. Hall, *Lie groups, Lie algebras and Representations. An elementary introduction..* : Springer-Verlag, 2004
R. Dâ€™Auria , M. Trigiante, *From Special Relativity to Feynman Diagrams.* : Springer, 2011
F. Mandl , G. Shaw, *Quantum Field Theory (2nd edition).* : John Wiley and Sons, 2010

THEORETICAL PHYSICS OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS

(Titolare: Prof. PIERPAOLO MASTROLIA) - Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2017)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the Universe
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Prerequisiti :

Il corso richiede una conoscenza di base in fisica teorica e teoria quantistica dei campi, per campi liberi.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Come interagiscono le particelle.

Diagrammi di Feynman, Ampiezze e Sezioni d'urto.

Elettrodinamica quantistica.

Principi di Correzioni Radiative e Rinormalizzazione.

Teorie di gauge Abeliane e non-Abeliane.

Cromodinamica quantistica.

Unificazione Elettrodebole.

Meccanismo di Higgs e Modello Standard.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali ed esercizi

Contenuti :

Programma:

1. Elettrodinamica Quantistica.

Regole di Feynman e processi di scattering a livello di albero: diffusione di Rutherford, diffusione di Compton, Bhabha scattering, Bremsstrahlung.

2. Fondamenti di Correzioni radiative e Rinormalizzazione.

3. Teorie di gauge non-Abeliane: derivate covarianti e campi di gauge, termini cinetici per i campi di gauge e autointerazione.

4. La teoria di gauge SU(3) e la Cromodinamica Quantistica.

L'algebra del "colore".

Regole di Feynman ed ampiezze di scattering per gluoni e quarks ad ordine albero.

5. Introduzione all'interazione Debole.

Teoria di Fermi: regole di Feynman e decadimento del muone.

La teoria di gauge SU(2) x U(1) e l'unificazione elettrodebole.

6. Rottura spontanea di una simmetria: rotture di una simmetria discreta; rottura di una simmetria U(1) globale; teorema di Goldstone; il meccanismo di Higgs.

7. Rottura spontanea della simmetria elettrodebole e doppietto di Higgs.

8. La Lagrangiana del Modello Standard.

Modalità di esame :

Prova scritta e prova orale

Criteri di valutazione :

Il superamento della prova scritta e' necessario per l'ammissione alla prova orale.

Testi di riferimento :

M.D. Schwartz, Quantum Field Theory and the Standard Model. : Cambridge University Press, 2014

M.E. Peskin, D.V. Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory. : Addison-Wesley Publishing Company,

F. Mandl and G. Shaw, Quantum Field Theory. : Wiley,