



Bollettino Notiziario - A.A. 2020/2021

LAUREA MAGISTRALE IN PHYSICS (ORD. 2017)

Curriculum: Corsi comuni

PREPARATORY ACTIVITIES FOR THE THESIS

Titolare: Prof. GIAMPAOLO MISTURA

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: ; 1,00

Curriculum: NuPhys - Nuclear Physics

ADVANCED PHYSICS LABORATORY A

Titolare: Prof. GIAMPAOLO MISTURA

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

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

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

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 sarà affidata la realizzazione di una esperienza di fisica da scegliere a piacere fra quattro tipologie di esperimenti: fisica delle particelle, nucleare e dello stato solido, ottica e elettronica. 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.

Modalità di esame:

Relazione scritta ed esame orale.

Criteria di valutazione:

Autonomia nello svolgimento dell'esperienza, capacità 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.

APPLICATIONS FOR THERAPY

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 96A; 12,00

Prerequisiti:

Corso del curriculum Erasmus Nu-Phys erogato in Francia

Conoscenze e abilità da acquisire:

Corso del curriculum Erasmus Nu-Phys erogato in Francia

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Corso del curriculum Erasmus Nu-Phys erogato in Francia

Contenuti:

Corso del curriculum Erasmus Nu-Phys erogato in Francia

Modalità di esame:

Esame orale.

Criteria di valutazione:

Corso del curriculum Erasmus Nu-Phys erogato in Francia

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Corso del curriculum Erasmus Nu-Phys erogato in Francia

ATOMIC AND PLASMA PHYSICS

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteria di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

BASIC EXPERIMENTAL AND APPLIED LABORATORY

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 24A+36L; 6,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

BASIC NUCLEAR PHYSICS

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

COMMON ADVANCED COURSE

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

COMPUTING AND NUMERICAL METHODS

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 40A+12L; 6,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

EXPERIMENTAL NUCLEAR PHYSICS AND ACCELERATORS

Titolare: da definire

Periodo: II anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

INTRODUCTION TO RADIATION DETECTORS

Titolare: Prof. ROBERTO STROILI

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

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

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 trasversa, 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.

Modalità di esame:

Orale.

Criteri di valutazione:

Verranno valutati il livello di apprendimento degli argomenti in programma e la capacità 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.

METROLOGY AND DATA ANALYSIS

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

NUCLEAR ASTROPHYSICS

Titolare: Prof. 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

Prerequisiti:

Elementi di meccanica quantistica, fisica nucleare e di fisica generale

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni in aula (o su zoom in caso sia necessario)

Contenuti:

Reazioni termonucleari. Definizione di sezione d'urto, fattore S astrofisico, tasso di reazione e derivazione del picco di Gamow. Bruciamenti nucleari nelle stelle durante le fasi idrostatiche ed esplosive. Cenni di modellistica stellare. Bruciamento dell'idrogeno: catene p-p, cicli CNO, NeNa, MgAl Bruciamento dell'elio: reazioni 3-alpha e alpha + ^{12}C . Reazioni di bruciamenti nucleari avanzati (C, Ne, O, Si). I processi di cattura neutronica (s e r: lento e rapido). Per ogni argomento verrà data una panoramica dei risultati più rilevanti nella letteratura recente. Calcolo del rateo di reazione in casi specifici (cattura diretta, risonanze strette, risonanza larghe) Come svolgere un esperimento in Astrofisica Nucleare (ogni aspetto del corso verrà discusso in relazione alle strutture sperimentali in attività 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, ...).

Modalità di esame:

Una presentazione di massimo 10 minuti su un tema astrofisico (sia dal punto di vista teorico che sperimentale) e domande legate alla presentazione e al programma svolto nel corso.

Criteri di valutazione:

Accertamento della comprensione e della padronanza degli argomenti trattati.

Testi di riferimento:

C. E Rolfs e W. S. Rodney, *Coultrons in the Cosmos.* : The University Chicago Press, 1988 Iliadis C., *Nuclear Physics of Stars.* : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KgaA, 2007

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Diapositive e altro materiale reso disponibile in formato elettronico agli studenti. Articoli su riviste scientifiche presentati nel corso.

QUANTUM MECHANICS

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 40A+12L; 6,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

RADIOACTIVITY AND NUCLEAR MEASUREMENTS

Titolare: Prof. MARCO MAZZOCCO

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

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 32A+16E; 6,00

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 "ISOL" e "IN-FLIGHT": Reazioni con fasci secondari ISOL: Eccitazione coulombiana, trasferimento di 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:

Krane, Kenneth S., Introductory nuclear physics Kenneth S. Krane. Hoboken: NJ, Wiley, 1987 Bertulani, Carlos A., Nuclear Physics in a Nutshell. Princeton University Press: , 2007 Knoll, Glenn F., Radiation detection and measurement Glenn F. Knoll. New York etc.!: Wiley & Sons, 0

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.

SUBNUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.ssa DONATELLA LUCCHESI

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

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Principi di fisica nucleare e sub-nucleare, principi di meccanica quantistica, dinamica relativistica, teoria dei campi quantistici, grafici di Feynman, radiazione di interazione con la materia.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Metodologie sperimentali per lo studio della fisica sub-nucleare. Fenomenologia del modello standard: interazioni elettromagnetiche, forti e deboli. Elementi della fisica dei neutrini oltre il modello standard e della fisica di Higgs.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali tramite computer da tavolo, utilizzo di animazioni e piccoli film. Possibilità di seminari da parte di esperti.

Contenuti:

Introduzione e riepilogo Strumenti per il calcolo Rivelatori per esperimenti di fisica delle particelle Sezione trasversale $e + e \rightarrow \mu + \mu$ ed $e + e \rightarrow hh$ Scattering anelastico profondo The Gluon QCD, partoni e getti Interazione Electroweak: introduzione Test sperimentali di interazione Electroweak Teoria di Cabibbo e matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa Violazione di CP e T, il sistema del mesone B. Test di CKM Neutrino e modello standard Proprietà di Higgs

Modalità di esame:

L'esame si baserà su un compito assegnato in anticipo agli studenti. Sarà costituito da esercizi o domande aperte e da una discussione su argomenti aperti tra quelli discussi durante le lezioni. Durante la discussione possono essere poste domande sugli argomenti della classe.

Criteri di valutazione:

The exercises will be evaluated on the basis of correctness and simplicity in the execution. The discussion together with the answers will be evaluated considering the correctness, conciseness and the clarity of exposition.

Testi di riferimento:

Peskin, Concepts of elementary particle physics. : Oxford, Martin and Halzen, Quarks and leptons. : John Wiley and son,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Le lezioni saranno disponibili su Moodle.

THEORETICAL NUCLEAR, ATOMIC AND COLLISION PHYSICS

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 96A; 12,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

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

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 sarà affidata la realizzazione di una esperienza di fisica da scegliere a piacere fra quattro tipologie di esperimenti: fisica delle particelle, nucleare e dello stato solido, ottica e elettronica. 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.

Modalità di esame:

Relazione scritta ed esame orale.

Criteri di valutazione:

Autonomia nello svolgimento dell'esperienza, capacità 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: Prof. 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

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 pratico. Gli studenti partecipanti saranno ripartiti in gruppi da 2 - 3 persone ai quali sarà 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.

Modalità di esame:

Relazione scritta ed esame orale.

Criteri di valutazione:

Autonomia nello svolgimento dell'esperienza, capacità 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.

ADVANCED TOPICS IN PHYSICS

Titolare: Prof. LORENZO FORTUNATO

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

Periodo: I anno, annuale

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Dipendono dal programma offerto.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Dipendono dal programma offerto.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Questo corso è tenuto da un docente di un'universitaria straniera. Il programma del corso dipende dal docente che è stato selezionato.

Contenuti:

Dipendono dal programma offerto.

Modalità di esame:

Esame orale.

Criteri di valutazione:

Dipendono dal programma offerto.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

BIOLOGICAL PHYSICS

Titolare: Prof. MARIO BORTOLOZZI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali ed esercizi in aula.

Contenuti:

Introduzione: cos'è la biofisica, approcci top-down e bottom-up. La cellula vivente: cellule eucariotiche e procariotiche, struttura della cellula e funzione dei suoi costituenti, divisione cellulare. L'acqua: struttura e proprietà chimico-fisiche dell'acqua, interazione acqua-proteine, proprietà ottiche dell'acqua, pH e sistemi tampone, incubatori cellulari. Membrane e canali: conduttanza, circuito equivalente della cellula, potenziale di Nernst, tecnica del voltage-clamp, modello di Hodgkin-Huxley, potenziale d'azione dei neuroni e sua simulazione, conduzione saltatoria e cellula di Schwann, il patch-clamp, setup di elettrofisiologia, derivazione dei parametri elettrici cellulari, misura della corrente di singolo canale, tipologie di canali voltaggio-attivati e loro bloccanti, la sinapsi nel muscolo e nel sistema uditivo, modello di canale a due stati, modelli a tre stati e a multi-stato, recettori, energie di attivazione dei canali. Diffusione: leggi di Fick, diffusione da sorgente puntiforme, random walk e approccio Monte Carlo, interazione delle particelle con i boundary, random walk su griglia, simulazioni numeriche di diffusione, discretizzazione del laplaciano diffusivo, sfere di idratazione, equazione di Kramer, mobilità elettrica, equazione di Nernst-Planck. Permeabilità: coefficiente di partizione, equazioni di Goldman-Hodgkin-Kats, deviazioni dalla legge di Ohm, selettività ionica, permeabilità di singolo canale, saturazione, teoria di Eyring, modelli dei canale sodio e potassio. Reazioni chimiche: reazioni enzimatiche, equazione di Michaelis-Menten, pompe SERCA e PMCA, dye fluorescenti, indicatori dello ione calcio (Ca^{2+}), configurazione di un microscopio a fluorescenza, relazione fra fluorescenza del dye e concentrazione di Ca^{2+} , fotodanneggiamento, dye raziometrici, condizioni di non equilibrio fra Ca^{2+} e dye, simulazioni numeriche di dinamica del Ca^{2+} , creazione di un modello e confronto con gli esperimenti, dinamiche del Ca^{2+} nel sistema uditivo e nella cellula cardiaca, modellizzazione di una geometria complessa mediante mesh. Dinamica molecolare: DNA, RNA e proteine, il dogma centrale della biologia, aminoacidi, folding e strutture delle proteine, simulazione della dinamica delle proteine, modello di energia potenziale, algoritmi di calcolo, condizioni al contorno ed esempi di modelli. Reti neurali: machine learning, tipologie di apprendimento, neurone artificiale e schemi di rete neurale, error backpropagation, visione artificiale e riconoscimento della voce, organoidi cerebrali, macchine di Boltzmann. Appendice matematica: introduzione a Matlab, variabili e funzioni, scrittura di un codice di simulazione, ottimizzazione e debugging del codice, metodi di risoluzione numerica di un sistema di equazioni differenziali, esempi ed esercizi, sviluppo di un'interfaccia grafica in Matlab.

Modalità di esame:

La verifica finale consta di una prova scritta ed una orale. La prova scritta consiste nella scrittura di una relazione su un modello biologico simulato dallo studente in Matlab. La prova orale consiste nella presentazione mediante slide in Powerpoint di un articolo scientifico recente inerente gli argomenti del corso.

Criteri di valutazione:

La prova d'esame mira ad accertare l'acquisizione delle conoscenze di base fornite dal corso mediante esercitazioni pratiche che avvicinino lo studente al modus operandi della ricerca: soluzione di problemi scientifici e presentazione dei risultati ottenuti mediante scrittura di articoli e presentazioni orali.

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

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:

Nel caso persistessero le condizioni di attuale emergenza, le lezioni verranno erogate in modalità duale, ovvero contemporaneamente in presenza e registrate per la fruizione da remoto.

Contenuti:

Propagazione delle onde elettromagnetiche: onde piane, onde sferiche, velocità di fase, irradianza, pacchetti d'onda, velocità di gruppo, lunghezza di coerenza, interferenza. Teorie scalari della diffrazione: la formulazione di Kirchhoff, la formulazione di Rayleigh-Sommerfeld, il principio di Huygens-Fresnel. Ottica geometrica: lunghezza del cammino ottico, principio di Fermat, sistemi di imaging ideali, metodi matriciali in approssimazione parassiale, punti e piani cardinali di un sistema ottico. Diaframmi e arresti, strumenti che formano immagini, luminosità e illuminazione delle immagini, fluttuazioni di intensità, rumore di rilevamento. Rappresentazione integrale di Debye dei campi focalizzati, distribuzione dell'irradiazione vicino al fuoco (PSF). Potere risolutivo: il criterio di Rayleigh. Separazione angolare minima, acuità visiva, fototrasduzione. Microscopia a luce trasmessa: spettro angolare di onde piane, reticoli di diffrazione, teoria di Abbe e potere risolutivo. Microscopia a contrasto di fase, campo oscuro e contrasto interferenziale differenziale. Microscopia a fluorescenza: spettri molecolari, diagramma di Jablonski, spostamento di Stokes, tempo di vita ed efficienza quantica, saturazione dello stato eccitato. Struttura del microscopio a fluorescenza convenzionale. Microscopia confocale: risoluzione laterale e risoluzione assiale nel limite classico; sezionamento ottico e ricostruzione volumetrica; principi fisici e applicazioni dell'eccitazione a 2 fotoni; vantaggi e svantaggi dei diversi sistemi confocali. Nanoscopia a esaurimento stimolato delle emissioni (STED), super-risoluzione. Applicazioni particolari: registrazione ottica dei cambiamenti nella concentrazione di ioni, sensori ottici di ioni Ca^{2+} , protoni e altre specie ioniche fisiologicamente rilevanti. Imaging del Ca^{2+} a una e due lunghezze d'onda; controllo locale della concentrazione di Ca^{2+} e di altre specie molecolari attive mediante fotolisi UV di criptandi fotosensibili; FRET, FRAP. Microscopia intravitale: biosensori, optochemogenetica, terapia fotodinamica del cancro.

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, UK: Cambridge University Press, 1999 Mertz, J, Introduction to Optical Microscopy. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2019 Saleh B, Teich M, Fundamentals of Photonics, 2 Volume Set, 3rd Edition. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2019

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

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 - 2nd Edition. Oxford: Oxford University Press, 2017. D. Frenkel, B. Smit, Understanding Molecular Simulations, 2nd edition. San Diego: Academic Press, 2002. R. LeSar, Introduction to Computational Materials Science. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

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.

FINAL EXAMINATION

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 41,00

Contenuti:

La prova finale consiste in una tesi elaborata in modo originale dallo studente sotto la guida di un relatore. La prova finale prevede un periodo di attività di ricerca inerente ad argomenti coerenti con il percorso formativo della laurea magistrale in Physics, che potrà essere svolto presso un gruppo di ricerca universitario o di ente esterno, pubblico o privato, convenzionato con l'Università di Padova. La discussione della tesi avverrà di fronte ad una Commissione nominata dal Direttore del Dipartimento di Riferimento. La tesi dovrà essere scritta e discussa in lingua inglese.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

FUNDAMENTALS OF ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY

Titolare: Prof. SABINO MATARRESE

Mutuato da: Laurea magistrale in Astrophysics and Cosmology (Ord. 2019)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Concetti fondamentali di meccanica quantistica e relatività speciale

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:

Contenuti:

Concetti fondamentali dell'astrofisica galattica ed extra-galattica • La Classificazione delle galassie • Proprietà statistiche della popolazione galattica • Gruppi e ammassi di galassie • Concetti fondamentali 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 (trattazione approssimata a bassi redshift). • Deduzione Newtoniana delle equazioni di Friedmann e correzioni relativistiche. • 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. • Trattazione esatta della legge di Hubble. 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. • Cinematica e dinamica dell'inflazione: l'"inflatore". • Vecchia e nuova inflazione, inflazione caotica; dinamica con lento rotolamento (cenni). • Asimmetria barionica. Bariogenesi (cenni). • Nucleosintesi primordiale degli elementi leggeri. • 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 • Contrazione gravitazionale e condizioni per l'equilibrio idrostatico • Indice adiabatico ed equilibrio. • Condizioni per il collasso gravitazionale • Teoria di Jeans dell'instabilità gravitazionale • Contrazione di una protostella • Formazione stellare e gas degeneri di elettroni. • Il Sole: proprietà generali, diffusione radiativa, fusione termonucleare. • Nucleosintesi stellare • Cicli stellari. * Diagramma di Hertzsprung-Russell. * Elementi di struttura stellare. Modello di Clayton. Massa minima e massima per una stella. • Fasi finali dell'evoluzione stellare: nane bianche, stelle di neutroni, massa di Chandrasekhar, buchi neri. La formazione delle strutture cosmiche * Evoluzione lineare delle perturbazioni nell'Universo in espansione (principi fondamentali). * Collasso sferico di una protostruttura. * Funzione di massa delle strutture cosmiche: teoria di Press-Schechter.

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:

Coles P., Lucchin F., Cosmology, The Origin and Evolution of Cosmic Structure.. Chichester: Wiley and Sons, 2002 Kolb E.W., Turner M., The Early Universe. Redwood City: Addison-Wesley, 1990 Phillips A.C., The Physics of Stars. Chichester: Wiley and Sons, 1994 Mo H., van den Bosch F. White S., Galaxy Formation and Evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 2010

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.

GENERAL RELATIVITY

Titolare: Prof. MARCO PELOSO

Mutuato da: Laurea magistrale in Astrophysics and Cosmology (Ord. 2019)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenza della Relatività Speciale

Conoscenze e abilità da acquisire:

Questo corso coprirà un'introduzione base delle fondamenta teoriche e fenomenologie della teoria della Teoria della Relatività Generale. Alla fine del corso gli studenti dovrebbero padroneggiare le tecniche di base necessarie per trovare e analizzare soluzioni delle equazioni di campo di Einstein

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni. Compiti assegnati settimanalmente

Contenuti:

1. Preliminari Trasformazioni di Lorentz e somma delle velocità in relatività speciale. Geometria dello spazio-tempo piatto. Dilatazione dei tempi e contrazione delle lunghezze, e relatività della simultaneità. Quadrivettori e cinematica relativistica. Dinamica relativistica e tensore dell'energia-impulso. Principio variazionale per la meccanica Newtoniana e per un moto libero in relatività speciale. Raggi di luce ed effetti Doppler. Osservatori ed osservazioni. 2. Spazio, Tempo, e Gravità in fisica Newtoniana. Sistemi di riferimento inerziali. Il principio di relatività. Gravità Newtoniana. Massa Gravitazionale ed Inerziale. 3. Gravità come Geometria Il principio di equivalenza. Orologi in un campo gravitazionale e redshift gravitazionale. Coordinate, elemento di linea, e la metrica. Coni luce e world lines. Calcolo di lunghezza, area, volume. Vettori in uno spazio-tempo curvo. Ipersuperfici. Gravità Newtoniana in termini dello spazio-tempo (approssimazione di campo debole). 4. Le Equazioni di Einstein Trasporto parallelo e curvatura. Derivata covariante. Tensori di Riemann, Ricci, e di Einstein. La sorgente della curvatura. Equazioni di Einstein e approssimazione di campo debole. 5. Geodetiche L'equazione delle geodetiche. Simmetrie e vettori di Killing. Sistemi di coordinate localmente inerziali e sistemi in caduta libera. 6. Geometria di Schwarzschild Redshift gravitazionale. Orbite di particelle: la precessione del perielio. Orbite di raggi di luce: deflessione e ritardo temporale della luce. Test di relatività generale nel sistema solare. 7. Orizzonti e Sistemi di Coordinate Spazio-tempo di Minkowski in coordinate di Rindler. Buchi neri di Schwarzschild. Coordinate di Eddington-Finkelstein, e di Kruskal-Szekeres. Diagrammi di Kruskal e di Penrose. 8. Rotazioni e geometria di Kerr Precessione geodetica attorno ad un corpo non ruotante, e attorno ad un corpo in rotazione lenta. Metrica di Kerr e la ergosfera. 9. Cosmologia Geometria FLRW. Curvatura delle coordinate spaziali. Evoluzione in presenza di materia, radiazione, e di una costante cosmologica. Redshift cosmologico. Distanza di luminosità e angolo. 10 Onde gravitazionali (tempo permettendo)

Modalità di esame:

Domande sugli argomenti presentate a lezione e soluzione di un problema di grado semplice / medio.

Criteri di valutazione:

Conoscenza e comprensione degli argomenti del corso. Capacità di risolvere problemi elementari collegati agli argomenti del corso

Testi di riferimento:

James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity. : Pearson Education (US), James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity. : ,

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

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 più 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

Prerequisiti:

Elettromagnetismo, 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:

1) Fondamenti di NanoScienza (LM in Scienza dei Materiali) Il corso prevede lezioni frontali tenute dal Prof. G. Mattei (Modulo A) e dai Prof. S. Agnoli e Prof. M. Meneghetti (Modulo B). 2) Introduction to NanoPhysics (MSc in PHYSICS) Il corso prevede lezioni frontali tenute dal Prof. G. Mattei. Sono anche previste 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:

1) Fondamenti di NanoScienza (LM in Scienza dei Materiali, 4 + 4 = 8 CFU) 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: l'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 non interagenti (Teoria di Mie e sue estensioni); (ii) nanostrutture interagenti - 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 auto organizzazione. Metodo colloidale. Effetto templante. Preparazione di nanoparticelle, nanowires, nanotubes, films ultrasottili. Self-assembled Monolayers. Films di Langmuir e Langmuir-Blodget.

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. 2) Introduction to NanoPhysics (MSc in PHYSICS)(4 + 2 = 6 CFU) I primi 4 CFU sono gli stessi del Modulo A del corso sopra descritto, che viene mutuato. Sono previsti inoltre 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; - Cristalli fotonici 2D e 3D; - Meta-materiali: (i) a dispersione iperbolica, (ii) ad indice di rifrazione negativo - Esercitazioni di Laboratorio: (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:

1) Fondamenti di Nanoscienza (LM in Scienza dei Materiali) L'esame consiste in una prova scritta (durata 2 ore) che prevede due domande aperte e una serie di quiz a risposta multipla. 2) Introduction to NanoPhysics (MSc in PHYSICS) 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. Per il corso di Introduction to NanoPhysics (MSc in PHYSICS) si valuteranno anche le relazioni scritte presentate sulla parte di esercitazione pratica.

Testi di riferimento:

C. Bohren, D. Huffmann, Absorption and scattering of light by small particles. : Wiley-Interscience, 2004 S. Maier, Plasmonics, fundamentals and applications. : Springer, 2007 R. Kelsall, I. Hamley, M. Geoghegan, Nanoscale Science and Technology. : J.Wiley& Sons, 2005 G. Cao, Nanostructures and Nanomaterials. : Imperial College Press, 2004 P. Prasad, Nanophotonics. : Wiley-Interscience, 2004

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

MATHEMATICAL PHYSICS

Titolare: Prof. PAOLO ROSSI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

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 abilità 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 capacità necessarie a risolvere problemi applicando nozioni e metodi discussi nel corso.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Il corso viene erogato tramite lezioni frontali alla lavagna.

Contenuti:

Sistemi hamiltoniani su varietà di Poisson (algebra di Poisson, teoria delle deformazioni, varietà di Poisson e loro geometria, ...). Integrabilità (richiami sull'integrabilità 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, ...).

Modalità di esame:

Da determinarsi anche in base al numero di studenti. Una prova orale tradizionale sull'intero programma o alternativamente, un esame scritto contenente sia alcuni semplici esercizi che alcune domande di teoria.

Criteri di valutazione:

La valutazione si concentrerà primariamente sull'acquisizione da parte dello studente del materiale al centro del corso e sulla sua abilità 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 toccherà un nuovo argomento, ma le lezioni saranno il più 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

Prerequisiti:

Buona conoscenza di analisi matematica, calcolo, meccanica quantistica elementare e fisica di base.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Lo scopo del corso è fornire allo studente una visione ampia di come la fisica teorica può contribuire a comprendere i fenomeni in una varietà di campi che vanno da argomenti "classici" come diffusione, meccanica quantistica e, più in generale, alla fisica dei sistemi complessi. Particolare enfasi sarà posta sulle relazioni tra argomenti diversi che consentono un approccio matematico unificato dove il concetto di universalità avrà un ruolo importante. Il corso tratterà una serie di sistemi fisici paradigmatici che hanno segnato l'evoluzione di fisica teorica nel secolo scorso, comprese le sfide più recenti poste da sistemi disordinati con applicazioni di machine learning e reti neurali. La modellazione e la relativa soluzione per ogni problema fisico saranno descritte in dettaglio usando potenti tecniche matematiche. La prima parte del corso fornirà gli strumenti matematici di base necessari per affrontare la maggior parte dei temi di nostro interesse. La seconda parte del corso tratterà i concetti chiave come i processi stocastici ed emergenti e dell'universalità che giustificano l'uso di modelli teorici paradigmatici e strumenti adatti ai sistemi interagenti come le tecniche del gruppo di rinormalizzazione. Nella terza parte verrà mostrato come mappare le soluzioni dei sistemi quantistici soluzioni di problemi di diffusione e viceversa utilizzando matematica comune tecniche. L'ultima parte affronterà le sfide teoriche più avanzate correlati a sistemi non omogenei / disordinati, che trovano applicazioni anche all'esterno del contesto fisico in cui sono sorti.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Conferenza supportata da tutorial, compiti, problemi analitici e numerici

Contenuti:

Introduzione; "L'irragionevole efficacia della matematica nelle scienze naturali (Wigner 1959) "; Integrali gaussiani Teorema di Wick Teoria delle perturbazioni contributi connessi. Metodo del punto sella Trasformata di Legendre, Funzioni Caratteristiche e funzioni generatrici di distribuzioni di probabilità Moti browniani ed elasticità di biopolimeri. Cammini aleatori e loro funzione generatrice, teoria dei campi gaussiana e corrispondente teoria di campo di oscillatori armonici accoppiati. Cammini di Levy. Teorie sul campo come modelli di sistemi interagenti Modelli con simmetria $O(n)$. Il limite di n grandi: modello sferico (Berlin-Kac). Espansione perturbativa. Introduzione alle tecniche del gruppo di rinormalizzazione e il concetto di universalità. Diffusione generalizzata ed equazioni differenziali stocastiche. La formula di Feynman-Kac Integrali del percorso di Feynman e versione quantistica della formula di Feynman-Kac. Meccanica quantistica (modello risolvibile: particella libera, oscillatore armonico) Amplificazione stocastica e risonanza stocastica Metodi non perturbativi: istantoni Fisica statistica dei sistemi di spin casuali e problema di apprendimento automatico. Modello di Sherrington-Kirkpatrick Random energy model, Trucco delle repliche

Modalità di esame:

La prima parte della verifica delle conoscenze acquisite sarà valutata attraverso esercizi a casa e la partecipazione degli studenti alle discussioni di classe. La seconda parte avrà luogo attraverso, una prova scritta comune con vari esercizi e domande aperte per testare le conoscenze sui concetti di base, il vocabolario scientifico, la capacità di sintesi e discussione critica acquisita durante il corso. La terza parte, sarà orale e si baserà su una discussione dei vari argomenti del corso.

Criteri di valutazione:

Conoscenza critica degli argomenti del corso. Capacità di presentare il materiale studiato.

Testi di riferimento:

Chaichian and Demichev, Path Integrals in Physics. Stochastic Processes and Quantum Mechanics. UK: Institute of Physics Publishing Bristol and Philad, 2001

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Note di lezione su Moodle

NON-PERTURBATIVE QUANTUM FIELD THEORY

Titolare: Prof. PIERALBERTO MARCHETTI

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Theoretical physics of the fundamental interactions e Quantum field theory o Models of theoretical physics e Structure of matter

Conoscenze e abilità da acquisire:

Scopo del corso è presentare un panorama di alcuni risultati di un approccio non-perturbativo alle teorie di campo quantistiche, con esempi nell'ambito della fisica delle particelle elementari e della materia condensata, sottolineandone le caratteristiche comuni.

Contenuti:

La teoria di campo quantistica (Quantum Field Theory QFT) è una struttura comune in molte branche della fisica, esibendo una insospettata unità nella descrizione dei processi quantistici elementari che ha modificato profondamente la nostra visione della realtà fisica. Molti dei risultati più rilevanti della QFT sono stati ottenuti con una espansione perturbativa, ma ci sono anche aree cruciali di applicazione che non si basano su di essa. Scopo del corso è presentare un panorama di alcuni risultati in queste aree, con esempi tratti dalla fisica delle particelle elementari e della materia condensata, enfatizzandone le caratteristiche comuni. Gli esempi saranno solo delineati e non discussi in dettaglio e nel programma presentato in seguito sono inclusi tra parentesi. Alcuni argomenti di tale programma potranno essere alternativi, con scelte dipendenti dall'interesse e dalle conoscenze pregresse degli studenti. Programma 1) Teorema di ricostruzione, ovvero cosa esattamente è una QFT, come ricostruire i campi dalle funzioni di correlazione e come esse sono correlate agli esperimenti 2) Solitoni quantistici: kinks (ϕ^4), vortici (modello di Higgs, transizione di Kosterlitz-Thouless, superconduttori), monopoli (di Dirac e 't Hooft-Polyakov, ghiacci di spin), istantoni (in Yang-Mills) e il loro ruolo nelle transizioni di fase 3) Sistemi a bassa dimensionalità: bosonizzazione e dualità (modello di Thirring e liquidi di Luttinger) 4) Anomalie: anomalia chirale (massa dell'eta in QCD) e di parità (isolanti topologici, grafene)

Modalità di esame:

Esami orali

Criteri di valutazione:

Valutare la comprensione dei concetti teorici presentati nel corso

Testi di riferimento:

Shifman, Mikhail, Advanced topics in quantum field theory. Cambridge: Cambridge University Press, 2012

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Note aggiuntive del corso

NUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.ssa SILVIA MONICA LENZI

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Meccanica quantistica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Lo studente sarà introdotto al problema della fisica dei molti corpi fortemente interagenti che danno luogo a moti collettivi e di particella singola. Il corso fornisce una buona conoscenza delle proprietà del nucleo atomico che implica l'utilizzo di modelli microscopici e macroscopici per la descrizione dei fenomeni osservati. Lo studente sarà introdotto alle tecniche sperimentali e teoriche sia per lo studio della struttura nucleare con metodi di spettrometria gamma, sia per lo studio dei meccanismi delle reazioni nucleari, anche di interesse astrofisico. Verranno presentati e discussi i problemi più attuali della Fisica Nucleare e le prospettive future. 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. Simmetrie nella struttura dei nuclei Metodi sperimentali per la struttura nucleare Modelli nucleari: 1) Modelli collettivi: Deformazione nucleare, Eccitazioni collettive, Moti vibrazionali, Moti rotazionali. 2) Modello Microscopici: Modello di campo medio, Modello a shell interattivo, Modello di Nilsson. Parte Seconda: 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:

K.S.Krane, Introductory Nuclear Physics. ; , Kris Heyde, Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1999 Greiner and Maruhn, Nuclear Models. : Springer,

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: Prof.ssa TIZIANA CESCO

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

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 una 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:

L'esame è scritto e comprende due esercizi e una domanda aperta.

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:

C. A. Bennett, Principles of Physical Optics. : Wiley, 2008 O. Svelto, Principles of Lasers. : Plenum Press, 2010 M. Fox, Quantum Optics: an introduction. : Oxford University Press, 2006

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.

OPTICS AND METROLOGY

Titolare: Prof. GIACOMO CIANI

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Elementi di base di ottica geometrica, struttura della materia e meccanica quantistica

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso mira a fornire una panoramica delle tecniche ottiche usate nei moderni esperimenti di fisica, e in particolare ottica laser, ottica non-lineare, ottica statistica, tecniche interferometriche e sorgenti ottiche per metrologia di precisione. Lo studente acquisirà la capacità di comprendere il funzionamento, utilizzo e limiti di esperimenti, apparati e tecniche ottiche avanzate.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali con teoria ed esempi

Contenuti:

Risuonatori ottici: Approssimazione parassiale, modi trasversali, fasci gaussiani, basi di Hermite-Gauss e Laguerre-Gauss. Cavità ottiche e loro uso come analizzatori di spettro. Perdite di propagazione e di accoppiamento. Modulazione di ampiezza e di frequenza, bande laterali. Tecniche di aggancio laser-cavità. Ottica non lineare: Tensore di suscettibilità non lineare, equazione delle onde delle interazione non lineari, matching di fase, processi parametrici, ottica non lineare con fasci gaussiani. Ottica statistica: Coerenza e autocorrelazione. Coerenza spaziale e teorema di Van-Citter-Zernike. Coerenza temporale e teorema di Wiener-Kintchine. Diffusione da mezzi casuali. Rumore nella generazione ottica. Interferometria: Interferenza di onde monocromatiche. Tecniche omodine ed eterodine. Sensibilità e criteri di disegno di apparati interferometrici (esempi di applicazioni). Interferenza di onde parzialmente coerenti. Tecniche di stabilizzazione in frequenza. Misure di fase. Sorgenti ottiche per metrologia avanzata: Transizioni atomiche e molecolari. Tecniche spettroscopiche (a microonde, infrarosse e laser). Trappole ottiche e raffreddamento laser, orologi atomici, laser mode-locked al femtosecondo, combs di frequenza ottici.

Modalità di esame:

Esame orale

Criteri di valutazione:

Lo studente dovrà dimostrare la comprensione e l'abilità di valutare criticamente i concetti, meccanismi e problemi legati alle tecniche di ottica avanzata e alle loro applicazioni sperimentali.

Testi di riferimento:

Goodman, Joseph W., Statistical optics Goodman, Joseph W.. Hoboken,: John Wiley & Sons, 2015 Boyd, Robert W., Nonlinear Optics. Academic Press: , 1992 Siegman, Anthony E., Lasers Anthony E. Siegman. Mill Valley: Ca., University science book, c1986, Oxford, O Demtroder, Wolfgang, Laser Spectroscopy Wolfgang Demtröder. Berlin: Heidelberg, Springer, 2014 Cundiff, S. T. & Ye, J., Femtosecond optical frequency combs.. : ,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

I libri di testo suggeriti potranno essere integrati o affiancati da trasparenze preparate dai docenti, nonché da altre risorse più specifiche che saranno indicate quando appropriato.

PHYSICS EDUCATION

Titolare: Prof.ssa ORNELLA PANTANO

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

Periodo: l'anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

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:

Redish E.F., Teaching Physics with the physics suite. USA: John Wiley & Sons, 2003 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, ...)

PHYSICS LABORATORY

Titolare: Dott. GABRIELE SIMI

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

Periodo: l'anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 16A+48L; 6,00

Prerequisiti:

Laboratori della Laurea Triennale.

Conoscenze e abilità 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 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 COMPLEX SYSTEMS

Titolare: Prof. ANTONIO TROVATO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Gli studenti dovrebbero essere già a conoscenza di nozioni di meccanica statistica di equilibrio, dalle transizioni di fase al gruppo di rinormalizzazione.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Ci si aspetta che gli studenti acquisiscano la conoscenza degli argomenti proposti nell'insegnamento di fisica dei sistemi complessi, con particolare riferimento a moderni temi di meccanica statistica di non-equilibrio. Gli studenti dovrebbero inoltre acquisire la capacità di orientarsi nella letteratura scientifica attuale su temi collegati.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali prevalentemente alla lavagna

Contenuti:

Introduzione alla fisica della complessità e dei fenomeni emergenti (punti di vista generali di PW. Anderson, N. Goldenfeld, L. P. Kadanoff) Cenni al moto Browniano, ad equazioni differenziali stocastiche e a processi stocastici. Meccanica statistica fuori dall'equilibrio. Reversibilità microscopica e irreversibilità macroscopica. Bilancio dettagliato all'equilibrio. Teoria della risposta lineare e fenomeni di trasporto. Relazioni di reciprocità di Onsager con esempi (effetti Seebeck e Peltier, ecc.). Suscettività dinamica e teorema fluttuazione-dissipazione. Relazioni di Kramers-Kronig. Basi microscopiche del moto Browniano. Teoremi di fluttuazione e identità riguardanti il lavoro. Bilancio dettagliato generalizzato. Produzione di entropia. Transizioni di fase fuori dall'equilibrio. Percolazione diretta. Processo asimmetrico con semplice esclusione e processi collegati, alcuni risultati. Teoria della grandi deviazioni. Complessità computazionale e teoria dell'informazione. Il random energy model ed il random code ensemble. Paesaggi di energia complessi e metodi di ripesamento.

Modalità di esame:

L'esame consisterà nella scelta e nella presentazione orale di un argomento da approfondire fra quelli trattati nel corso. Durante la presentazione potranno essere fatte domande su possibili collegamenti con altre parti del programma del corso. La preparazione della presentazione potrà essere focalizzata sullo studio di un capitolo di un libro oppure di un articolo di ricerca, tipicamente ma non necessariamente di rassegna, oppure anche su un piccolo progetto di natura computazionale da svolgere su temi collegati al programma del corso.

Criteri di valutazione:

La prova d'esame mira ad accertare l'acquisizione delle conoscenze fornite dal corso, la capacità di ragionamento e di comprensione dello studente, anche nel mettere in collegamento fra loro parti diverse del programma.

Testi di riferimento:

R. Livi and P. Politi, Non Equilibrium Statistical Physics: A Modern Perspective. : Cambridge University Press, 2017 M. Mezard and A. Montanari, Information, Physics and Computation. : Oxford University Press, 2009

PHYSICS OF FLUIDS AND PLASMAS

Titolare: Dott. TOMMASO BOLZONELLA

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

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 ed il teorema di Woltjer. La generazione del campo magnetico: l'effetto dinamo. Dinamo cinetica e dinamo MHD. Esempi di dinamo in astrofisica e laboratorio. Turbolenza MHD.

Modalità di esame:

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

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

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità 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 sarà focalizzata sul metodo del "confinamento magnetico", che è quello utilizzato nell'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'urto, reattività. 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 Huggill, 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 proprietà 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.

Modalità di esame:

Esame orale.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Verranno fornite dispense relative all'intero contenuto del corso.

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

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 più 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. Capacità; condensatore ideale. Dielettrici. Costante dielettrica. Correnti elettriche e densità 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 proprieta' 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–Boltzmann e densita' degli stati. Equipartizione dell'energia. Statistiche quantistiche: distribuzioni di Bose–Einstein e di Fermi–Dirac Prerequisiti Fisica dello stato Solido La struttura cristallina dei solidi: il reticolo diretto e il reticolo reciproco. I fononi. La conducibilita' elettrica dei metalli nel modello di Drude. Il teorema di Bloch

Conoscenze e abilità da acquisire:

Conoscenze: principi fisici alla base del comportamento dei materiali semiconduttori. L'obiettivo del corso è fornire i concetti di base che permettano allo studente di comprendere il principio di funzionamento di semplici dispositivi 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'abilità di prevedere quale struttura a bande assume un 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....).

Attività 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 attività 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 struttura contenente semiconduttori drogati, metalli e isolanti.

Testi di riferimento:

Sapoval, Physics of semiconductors. : Springer Verlag, Singh, Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures. : Cambridge, 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

PREPARATORY ACTIVITIES FOR THE THESIS

Titolare: Prof. GIAMPAOLO MISTURA

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: ; 1,00

QUANTUM INFORMATION

Titolare: Prof. SIMONE MONTANGERO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics of Data (Ord. 2018)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Quantum mechanics and elements of programming.

Conoscenze e abilità da acquisire:

The course aims to introduce the students to computation quantum physics and tensor network methods, one of the most versatile simulation approaches 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, programming labs and weekly exercises.

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:

Montangero, Simone, Introduction to tensor network methods numerical simulations of low-dimensional many-body quantum systems Simone Montangero. Cham: Springer, 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

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:

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

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: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

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 così 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 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 della terminologia utilizzata 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: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

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

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. 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. 4. Sistemi quantistici a molti corpi. Particelle identiche. Bosoni e condensazione di Bose-Einstein. Fermioni e principio di esclusione di Pauli. Approssimazioni di Hartree per i bosoni e l'equazione di Gross-Pitaevskii. Approssimazione di Hartree-Fock per i fermioni. Teoria del funzionale densità: teoremi di Hohenberg-Kohn, funzionale densità di Thomas-Fermi-Dirac-Von Weizsäcker e funzionale densità di Kohn-Sham. 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, 2017 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.

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

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 - 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 ? L'approccio perturbativo ? Random Phase Approximation ? Il metodo dell'integrale funzionale - Bosoni non interagenti: condensazione di Bose-Einstein - Teorema di Goldstone - Bosoni interagenti: Superfluidità ? Lo spettro di Bogoliubov ? Criterio di Landau ? L'azione del modo di Goldstone ? Fenomenologia - Superconduttività ? Fenomenologia ed equazioni di London ? Interazione elettrone-fonone ? Il problema di Cooper ? La teoria BCS con l'integrale funzionale: la gap e la temperatura critica ? La teoria di Ginzburg-Landau ? L'azione del modo di Goldstone ? L'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 fundamental interactions

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

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 sarà affidata la realizzazione di una esperienza di fisica da scegliere a piacere fra quattro tipologie di esperimenti: fisica delle particelle, nucleare e dello stato solido, ottica e elettronica. 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.

Modalità di esame:

Relazione scritta ed esame orale.

Criteri di valutazione:

Autonomia nello svolgimento dell'esperienza, capacità 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: Prof. MARCO BAZZAN

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

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

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 pratico. Gli studenti partecipanti saranno ripartiti in gruppi da 2 - 3 persone ai quali sarà 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.

Modalità di esame:

Relazione scritta ed esame orale.

Criteri di valutazione:

Autonomia nello svolgimento dell'esperienza, capacità 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.

ADVANCED QUANTUM FIELD THEORY

Titolare: Prof. MARCO MATONE

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

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 abilità 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 proprietà di consistenza interna della teoria. In particolare lo studente dovrebbe sviluppare la capacità di distinguere gli aspetti perturbativi da quelli non perturbativi di una teoria di campo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali. Una parte del corso è dedicata alla soluzione di problemi concreti in applicazione degli insegnamenti teorici forniti.

Contenuti:

Il programma del corso segue in gran parte quello dell'anno scorso disponibile at https://www2.pd.infn.it/~matone/AdvQFT_Program_2019-2020.pdf Saranno ridotte le parti riguardanti ϕ_6^3 e le strutture topologiche, mentre saranno dedicate più tempo sia alla quantizzazione delle teorie di Yang-Mills che alle teorie supersimmetriche.

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:

Claude Itzykson, Jean-Bernard Zuber, Quantum Field Theory. New York: McGraw-Hill Book Co, 1987 Steven Weinberg, The Quantum Theory of Fields. Cambridge: Cambridge University Press, 2005 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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Durante le lezioni saranno dati i riferimenti dettagliati relativi agli argomenti trattati. Gli studenti sono incoraggiati a partecipare attivamente alla stesura delle note del corso. Tale coinvolgimento risulta di notevole utilità per una più profonda comprensione del corso. Le note del corso Quantum Field Theory A.A. 2018/2019, disponibili at <https://www2.pd.infn.it/~matone/QFTCourseNotes.pdf>, includono sia i prerequisiti richiesti che alcuni degli argomenti trattati nel presente corso.

ADVANCED TOPICS IN PHYSICS

Titolare: Prof. LORENZO FORTUNATO

Periodo: I anno, annuale

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Dipendono dal programma offerto.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Dipendono dal programma offerto.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Questo corso è tenuto da un docente di un'universitaria straniera. Il programma del corso dipende dal docente che è stato selezionato.

Contenuti:

Dipendono dal programma offerto.

Modalità di esame:

Esame orale.

Criteri di valutazione:

Dipendono dal programma offerto.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

ADVANCED TOPICS IN THE THEORY OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS

Titolare: Prof. FERRUCCIO FERUGLIO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso è incentrato sulle teorie di campo efficaci (EFT), uno strumento generale per descrivere sistemi fisici nel quadro di una teoria quantistica del campo. Le idee principali saranno illustrate anche tramite esempi di fenomeni fisici già osservati o ricercati negli esperimenti attuali.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

Parte 1: INTRODUZIONE ED ESEMPI - INTRODUZIONE: Caratterizzazione di un sistema fisico: gradi di libertà, scala(e) pertinenti, simmetrie. - ESEMPI DI EFT: la teoria di Fermi delle interazioni deboli; derivazione dalla teoria elettrodebole completa. oltre il livello albero: lagrangiana di Euler-Heisenberg; considerazioni sulla simmetria e derivazione dalla QED. - IL MODELLO STANDARD (MS) COME EFT: riassunto delle simmetrie globali non anomale del MS; operatori di dimensione 5, violazione di (B-L) e masse dei neutrini; possibile origine microscopica (meccanismo dell'altalena). operatori di dimensione 6, violazione del numero barionico B e decadimento del protone; possibile origine microscopica (Teorie di Grande Unificazione); operatori di dimensione 6 e la fisica dei sapori. - EFT NEL REGIME NON PERTURBATIVO: la rottura della simmetria chirale in QCD; EFT per mesoni leggeri pseudoscalari; effetti di rottura; anomalia della corrente isoassiale e decadimento neutro dei pioni. Parte 2: ASPETTI FORMALI - EFT e conteggio di potenze. - INTEGRAZIONE DEI GRADI DI LIBERTA' PESANTI: flusso RGE e condizioni di raccordo; rivisitazione della lagrangiana Euler-Heisenberg; altri esempi. - TEOREMA DI DISACCOPIAMENTO DI APPELQUIST-CARAZZONE. - LAGRANGIANE EFFICACI EQUIVALENTI; indipendenza degli elementi di matrice S dalle ridefinizioni locali dei campi. - MESCOLAMENTO DI OPERATORI; dimensioni anomale; esempi; - DESCRIZIONE DI UNA FASE ROTTA: costruzione CCWZ; rivisitazione della lagrangiana chirale; altri esempi.

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:

CONTENUTO NON PRESENTE

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

Prerequisiti:

- Basic solid-state physics on semiconductors (crystal lattice, Fermi distribution, levels energy distribution, etc.) - Analogue electronics (linear networks, active and passive devices, amplifiers, operational amplifiers, filters, etc.) - Standard programming languages (syntax, structure, use of libraries, etc.) - Basic knowledge of computational software (e.g. Mathematica, Matlab)

Conoscenze e abilità da acquisire:

The successful participant will learn how/to: - An integrated circuit is designed and produced. - Design a logic circuit through HDL description. - Realize a logic function/algorithm and run it in a FPGA. - Perform an actual task using FPGA hardware. - Understand the basic concept of radiation hardened design.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

- Frontal lectures - Interactive simulation of device/circuits with PSpice simulator. - Interactive lessons with HDL synthesis and simulation of the circuits under discussion. - System behavior modelling with Mathematica notebooks. - Implementation of firmware in FPGA development boards.

Contenuti:

PART 1 - Devices (1 weeks) - Basic knowledge of device physics, diode and transistor, either BJT or MOS. - Principle of working of the diode and the transistor (BJT and MOS). Simplified physical model of the MOS transistor (implants, gate, oxide) and how this influences its performances (parasitic capacitance, power consumption, etc.) - Quick overview of some basic circuits using diodes and transistor for specific purposes (rectifier, voltage pump, etc...). - MOS transistor dynamic behavior, linear region, inversion region, saturation region, power consumption, speed, parasitics, etc. PART 2 - Digital logic building blocks (2 weeks) - Basic microelectronics manufacturing concepts (lithography, feature size, etc...). - Basic logic gates (NOT, AND, NAND, ...) and their realization with CMOS transistors. - Boolean algebra basics REVIEW (DeMorgan's theorems) and its applications to basic gates combinations. - More complex basic logic blocks: adder, multiplexer, parity checker, LUT. - Timing and power considerations in the realization of the basic gates. - Memory elements basic blocks: mono-stable, bi-stable, S-R flip-flop, J-K flip-flop, D flip-flop and their properties. PART 3 - Digital systems (4 weeks) - Digital microelectronics basics: analog computers, noise margin, integration processes, microprocessors, Moore's law, the limit of scaling, analog/digital signal interface. - Different level of design (system, behavioural, RTL, gates, transistor, device, ...) and the associate languages/tools. - HDL languages and simulation tools of the trade: SPICE, what it is and how it works, ideal elements vs. real elements, MOS transistor basic model, example of IV curves for a MOS, response of an inverter and an operational amplifier. - Verilog language scope and basics, concept of synthesis and simulation code, modules encapsulation, timebase definitions, some elementary syntax and constructs (especially the synchronous blocks like always, etc...). - Synchronous systems: how to deal with large system by using a common time-base. The clock properties (frequency, jitter) and implications. Description of the clock network, examples on how to cross different clock domains. - Usage of memory elements to build a complete synchronous system. The reset procedure - Finite State Machines types, principle of operation, and building elements. FSM analytical description and basic coding in Verilog. - Actual memories type and use in computer and other logic: ROM, RAM, FLASH, EPROM, basic characteristics, behavior and device realization. - Clock synthesis elements: VCO, DCO, PLLs, architecture and usage. PART 4 - FPGA devices (3 weeks) - FPGA basic architecture: configuration RAM, switching matrix, CLB blocks, LUT and registers. How to synthesize arbitrary functions by using LTUs. - FPGA resources, usage of registers and counters. Implementation of simple state machines, connection of modules in a hierarchical structure. IO interfaces, serializers, deserializers, transceivers. - Implementation of simple synchronous circuits in FPGA through Verilog description. Definition of inputs, outputs, clock, and reset. - Usage of device primitive (MMCM) to synthesize high-frequency clocks within the device. Phase alignments of the clocks. Cross-domain clocks. - FIFO memories and their usage. - Slicing an operation in time to allow higher clock frequencies, latency and speed. - Timing verification, corner cases, setup and hold times. - Complex systems behavior and modelling, with special focus on radiation tolerance/resistance and mitigation techniques and topologies. - Failure rate estimation through Markov Chains, protection schemes and their effectiveness, practical implem

Modalità di esame:

Oral exam

Criteri di valutazione:

The criteria for the evaluation of the oral test take into account the correctness of contents, arguing clarity and critical analysis

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

- Slides shown during the lectures (see related Moodle page) - PSPice code for analogue simulations - Verilog code for digital simulations - Mathematica notebooks for system failure modeling

ASTROPARTICLE PHYSICS

Titolare: Prof. FRANCESCO D'ERAMO

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

È suggerito di seguire i corsi di Fisica Teorica e Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali nel primo semestre.

Conoscenze e abilità da acquisire:

In questo corso, evidenzieremo la sinergia tra gli studi effettuati alle scale di lunghezza osservabili più grandi e più piccole. Come vedremo durante le lezioni, gli strumenti che abbiamo sviluppato studiando la Natura alle più 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 più 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) Fisica delle Particelle 2) Fisica del Neutrino 3) Fisica delle Particelle nell'Universo Primordiale 4) Asimmetria tra Materia e Antimateria, Modelli Microscopici per Bariogenesi e Leptogenesi 5) Evidenze di Materia Oscura 6) Candidati WIMP di Materia Oscura 7) Assioni e Materia Oscura 8) Universo Inflazionario 9) Energia Oscura e Modelli di Quintessenza

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:

CONTENUTO NON PRESENTE

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 OF THE EARLY UNIVERSE

Titolare: Prof. NICOLA BARTOLO

Mutuato da: Laurea magistrale in Astrophysics and Cosmology (Ord. 2019)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

In genere le basi utili per seguire questo corso sono fornite dai vari corsi all'interno dei possibili percorsi.

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. Particolare attenzione sarà riservata ai temi di ricerca più attuali di questo campo.

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 cosmologici di inflazione e loro principali caratteristiche (con esempi anche 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 osservabilità (effetti osservativi sia di tipo cosmologico che ad interferometri). 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 chiaramente individuate nei testi di riferimento e per diverse parti del corso saranno a disposizione degli appunti del docente. Per alcuni argomenti saranno indicate anche alcune referenze specifiche della letteratura per possibili approfondimenti.

EXPERIMENTAL SUBNUCLEAR PHYSICS
--

Titolare: Prof. RICCARDO BRUGNERA

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

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:

R.K. Ellis, W.J. Stirling and B.R. Webber, QCD and Collider Physics. : Cambridge University Press, 1996 R. Devenish and A. Cooper-Sarkar, Deep Inelastic Scattering. : Oxford University Press, 2004 F. Halzen and A.D. Martin, Quarks & Leptons. : John Wiley & Sons, 1984 W.E. Burcham and M. Jones, Nuclear and Particle Physics. : Lonman Scientific & Technical, 1995 A. Bettini, Elementary Particle Physics. : Cambridge University Press, 2008 C. Giunti and C.W. Kim, Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics. : Oxford University Press, 2007

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

FINAL EXAMINATION

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 41,00

Contenuti:

La prova finale consiste in una tesi elaborata in modo originale dallo studente sotto la guida di un relatore. La prova finale prevede un periodo di attività di ricerca inerente ad argomenti coerenti con il percorso formativo della laurea magistrale in Physics, che potrà essere svolto presso un gruppo di ricerca universitario o di ente esterno, pubblico o privato, convenzionato con l'Università di Padova. La discussione della tesi avverrà di fronte ad una Commissione nominata dal Direttore del Dipartimento di Riferimento. La tesi dovrà essere scritta e discussa in lingua inglese.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

FUNDAMENTALS OF ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY

Titolare: Prof. SABINO MATARRESE

Mutuato da: Laurea magistrale in Astrophysics and Cosmology (Ord. 2019)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Concetti fondamentali di meccanica quantistica e relatività speciale

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 fondamentali dell'astrofisica galattica ed extra-galattica • La Classificazione delle galassie • Proprietà statistiche della popolazione galattica • Gruppi e ammassi di galassie • Concetti fondamentali 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 (trattazione approssimata a bassi redshift). • Deduzione Newtoniana delle equazioni di Friedmann e correzioni relativistiche. • 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. • Trattazione esatta della legge di Hubble. 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. • Cinematica e dinamica dell'inflazione: l'"inflatone". • Vecchia e nuova inflazione, inflazione caotica; dinamica con lento rotolamento (cenni). • Asimmetria barionica. Bariogenesi (cenni). • Nucleosintesi primordiale degli elementi leggeri. • 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 • Contrazione gravitazionale e condizioni per l'equilibrio idrostatico • Indice adiabatico ed equilibrio. • Condizioni per il collasso gravitazionale • Teoria di Jeans dell'instabilità gravitazionale • Contrazione di una protostella • Formazione stellare e gas degeneri di elettroni. • Il Sole: proprietà generali, diffusione radiativa, fusione termonucleare. • Nucleosintesi stellare • Cicli stellari. * Diagramma di Hertzsprung-Russell. * Elementi di struttura stellare. Modello di Clayton. Massa minima e massima per una stella. • Fasi finali dell'evoluzione stellare: nane bianche, stelle di neutroni, massa di Chandrasekhar, buchi neri. La formazione delle strutture cosmiche • Evoluzione lineare delle perturbazioni nell'Universo in espansione (principi fondamentali). • Collasso sferico di una protostruttura. • Funzione di massa delle strutture cosmiche: teoria di Press-Schechter.

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:

Coles P., Lucchin F., Cosmology, The Origin and Evolution of Cosmic Structure.. Chichester: Wiley and Sons, 2002 Kolb E.W., Turner M., The Early Universe. Redwood City: Addison-Wesley, 1990 Phillips A.C., The Physics of Stars. Chichester: Wiley and Sons, 1994 Mo H., van den Bosch F. White S., Galaxy Formation and Evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 2010

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.

GENERAL RELATIVITY

Titolare: Prof. LUCA MARTUCCI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Si consiglia Fisica Teorica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso fornisce un'introduzione alla teoria della Relatività Generale. Lo studente dovrà anche appropriarsi delle tecniche di base per trovare soluzioni delle equazioni di Einstein e studiarne le proprietà.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali. Esercitazioni settimanali.

Contenuti:

Il principio di equivalenza; geometria dello spaziotempo; dinamica di particelle su spazitempi curvi; equazioni di Einstein; limite Newtoniano; onde gravitazionali; simmetrie spaziotemporali e spazi massimamente simmetrici; soluzione di Schwarzschild e sue proprietà; 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:

Rindler, Wolfgang, Relativity: special, general, and cosmological. Oxford: New York, Oxford University Press, 2006 Schutz, Bernard F., A first course in general relativity. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 2009 Wald, Robert M., General relativity. Chicago: London, University of Chicago Press, 1984 Carroll, Sean M., Spacetime and geometry: an introduction to general relativity. Harlow: Essex, Pearson, 2014 Zee, Anthony, Einstein gravity in a nutshell. Princeton: Princeton University Press, 2013

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

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 degenere ("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 più 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

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 trasversa, 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.

Modalità di esame:

Orale.

Criteri di valutazione:

Verranno valutati il livello di apprendimento degli argomenti in programma e la capacità 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.

MEDICAL PHYSICS

Titolare: Dott.ssa LAURA DE NARDO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenza dei fenomeni di interazione radiazione-materia, principi e metodi per la rivelazione di particelle e radiazioni elettromagnetiche, decadimenti radioattivi.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Conoscenza delle principali grandezze utilizzate in radiobiologia e radioprotezione, delle nozioni di base per il calcolo e la misura della dose assorbita e della qualità dei campi di radiazione, delle principali applicazioni delle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti nel campo della diagnostica medica e della radioterapia.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Le lezioni saranno impartite utilizzando diapositive.

Contenuti:

• Elementi di dosimetria delle radiazioni ionizzanti. Dose di radiazione e rischio per la salute. • Rivelatori di radiazioni per dosimetria e relativi aspetti di metrologia. • Concetti base del processamento delle immagini: proprietà delle immagini, rumore e contrasto, dominio della frequenza; definizione dei bordi e miglioramento delle immagini, trasformazioni, segmentazione; qualità delle immagini. • Diagnostica per immagini: generazione delle immagini con raggi X e traccianti radioattivi (scintigrafia e gamma camera, tomografia ad emissione di singolo fotone (SPECT), tomografia ad emissione di positroni (PET e TOF-PET), scanner ibridi). • Elementi di imaging di risonanza magnetica (MRI). • NIR ed elementi di imaging ecografico. • Principi di Radioterapia con fotoni, elettroni e adroni. • Principi dell'ipertermia.

Modalità di esame:

Esame orale. Lo studente presenterà un'analisi dettagliata di uno degli argomenti del corso. Sono previste domande riguardanti questa presentazione e altri argomenti svolti durante le lezioni.

Criteri di valutazione:

Livello di apprendimento; chiarezza della presentazione orale; grado di approfondimento personale.

Testi di riferimento:

Hall, Eric J.; Giaccia, Amato J., Radiobiology for the radiologist. Philadelphia [etc.]: Lippincott Williams & Wilkins, 0 Podgoršak, Ervin B, Radiation Physics for Medical Physicists. : Springer International Publishing, 2016 Cherry, Simon R.; Sorenson, James A., Phelps, Michael E., Physics in nuclear medicine. Philadelphia: Saunders, 2012

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Diapositive delle lezioni; articoli e pubblicazioni scientifiche suggerite dal docente durante le lezioni.

MULTIMESSENGER ASTROPHYSICS

Titolare: Prof.ssa ELISA BERNARDINI

Mutuato da: Laurea magistrale in Astrophysics and Cosmology (Ord. 2019)

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Il corso è indirizzato a studenti con basi di fisica delle particelle elementari e fisica nucleare.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso è un'introduzione all'astrofisica multi-messaggera, da una prospettiva prevalentemente sperimentale. Gli argomenti includono (in Inglese): * particles' interactions in matter and interactions of astroparticles * cosmic rays and their interactions * acceleration of cosmic rays * propagation of cosmic rays through the galaxy and in extragalactic environments * interactions of cosmic rays in the atmosphere and production of secondary particles * direct and indirect measurements of cosmic rays * cosmic rays at the most extreme energies (UHECR) and their propagation * candidate sources of cosmic rays * multi-messenger approach: combining information from different types of particles and waves * gamma-ray astrophysics * multi-wavelength observations of astrophysical sources * neutrino astrophysics * gravitational waves

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali ed esercizi.

Contenuti:

Il termine "multi-messaggero" è relativamente nuovo e sempre più in uso in astronomia e astrofisica. Si riferisce alla combinazione delle informazioni ottenute da diverse particelle e onde (messaggeri) per raggiungere una comprensione più esaustiva degli oggetti astrofisici che osserviamo. La luce visibile rivela infatti solo una porzione dei misteri dell'Universo. Osservazioni astronomiche moderne combinano dati ottenuti a varie lunghezze d'onda, dal radio, ottico, fino agli estremi dello spettro elettromagnetico osservato, nei raggi gamma. Sorgenti in grado di emettere raggi gamma delle energie più estreme, sono ritenute in grado di accelerare particelle ad energie che eccedono quelle attualmente raggiungibili ai grandi laboratori per lo studio delle particelle e delle loro interazioni. Alcune di queste particelle accelerate da sorgenti astrofisiche possono raggiungere la Terra sotto forma di raggi cosmici, scoperti oltre 100 anni fa. Tali raggi cosmici possono interagire in prossimità delle sorgenti che li emettono, dando origine ad altre particelle secondarie, quali neutrini e i raggi gamma. Mentre i raggi cosmici sono deviati dai campi magnetici intergalattici durante il loro cammino, neutrini e raggi gamma, essendo particelle neutre, mantengono memoria della loro direzione di origine. La loro traiettoria può quindi essere utilizzata per identificare le sorgenti astrofisiche che li hanno prodotti. I neutrini sono particelle evanescenti e molto difficili da rivelare. Sono necessari strumenti del volume dell'ordine di un kilometro-cubo per rivelare i neutrini di energie superiori alle decine di GeV. L'anno 2013 ha assistito alla scoperta dei neutrini di origine cosmica per mano dell'esperimento IceCube situato in Antartide, inaugurando una nuova finestra di osservazione dell'Universo. Gli oggetti astrofisici più estremi, legati agli eventi più violenti nel nostro Universo, sono spesso associati a buchi neri o oggetti compatti quali stelle di neutroni. Quando due corpi astrofisici di questo tipo orbitano in un sistema legato, sono ritenuti in grado di emettere onde gravitazionali. L'anno 2015 ha assistito alla prima rivelazione di onde gravitazionali (GW150914) emesse pochi istanti prima della fusione di due buchi neri, misurate dai rivelatori LIGO negli Stati Uniti. La scoperta è stata celebrata dal Premio Nobel per la fisica. L'anno 2017 ha vissuto il trionfo dell'astrofisica multi-messaggera con l'identificazione della prima sorgente di neutrini cosmici, la blazar TXS 0506+056, coadiuvata dalle osservazioni elettromagnetiche che hanno risposto alla diffusione delle coordinate di un neutrino di alta energia, IceCube-170922A. Questo evento ha seguito di pochi giorni un'altro trionfo dell'astrofisica multi-messaggera: la rivelazione di onde gravitazionali (GW170817) dovute alla fusione di due stelle di neutroni e associate ad un lampo di raggi gamma (GRB 170817A). Entrambi i risultati dimostrano il potenziale dell'astrofisica multi-messaggera nell'osservare e comprendere i fenomeni più estremi e misteriosi nel nostro Universo. Questo corso ne illustra i fondamenti.

Modalità di esame:

Esame orale.

Criteri di valutazione:

1 - Capacità di risolvere problemi ed esercizi sugli argomenti trattati nel corso. 2 - Capacità di esporre in modo chiaro e consapevole i temi trattati nel corso.

Testi di riferimento:

Perkins, Donald H., Particle astrophysics D.H. Perkins. Oxford: Oxford University Press, 2009 Spurio, Maurizio, The Probes of Multimessenger Astrophysics. : Springer, 2019 De_Angelis, Alessandro; Pimenta, Mário João Martins, Introduction to particle and astroparticle physics multimessenger astronomy and its particle physics foundations Alessandro De Angelis, Mario Pimenta. Cham: Springer, 2018 Longair, Malcolm S., High energy astrophysics Malcolm S. Longair. Cambridge: Cambridge University Press, 2011

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Verranno utilizzati prevalentemente i libri di testo sotto indicati. Materiale integrativo (risultati sperimentali in forma grafica, materiale riassuntivo in formato PDF) verrà fornito durante le lezioni.

NON-PERTURBATIVE QUANTUM FIELD THEORY

Titolare: Prof. PIERALBERTO MARCHETTI

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Theoretical physics of the fundamental interactions e Quantum field theory o Models of theoretical physics e Structure of matter

Conoscenze e abilità da acquisire:

Scopo del corso è presentare un panorama di alcuni risultati di un approccio non-perturbativo alle teorie di campo quantistiche, con esempi nell'ambito della fisica delle particelle elementari e della materia condensata, sottolineandone le caratteristiche comuni.

Contenuti:

La teoria di campo quantistica (Quantum Field Theory QFT) è una struttura comune in molte branche della fisica, esibendo una insospettata unità nella descrizione dei processi quantistici elementari che ha modificato profondamente la nostra visione della realtà fisica. Molti dei risultati più rilevanti della QFT sono stati ottenuti con una espansione perturbativa, ma ci sono anche aree cruciali di applicazione che non si basano su di essa. Scopo del corso è presentare un panorama di alcuni risultati in queste aree, con esempi tratti dalla fisica delle particelle elementari e della materia condensata, enfatizzandone le caratteristiche comuni. Gli esempi saranno solo delineati e non discussi in dettaglio e nel programma presentato in seguito sono inclusi

tra parentesi. Alcuni argomenti di tale programma potranno essere alternativi, con scelte dipendenti dall'interesse e dalle conoscenze pregresse degli studenti. Programma 1) Teorema di ricostruzione, ovvero cosa esattamente è una QFT, come ricostruire i campi dalle funzioni di correlazione e come esse sono correlate agli esperimenti 2) Solitoni quantistici: kinks (ϕ^4), vortici (modello di Higgs, transizione di Kosterlitz-Thouless, superconduttori), monopoli (di Dirac e 't Hooft-Polyakov, ghiacci di spin), istantoni (in Yang-Mills) e il loro ruolo nelle transizioni di fase 3) Sistemi a bassa dimensionalità: bosonizzazione e dualità (modello di Thirring e liquidi di Luttinger) 4) Anomalie: anomalia chirale (massa dell'eta in QCD) e di parità (isolanti topologici, grafene)

Modalità di esame:

Esami orali

Criteri di valutazione:

Valutare la comprensione dei concetti teorici presentati nel corso

Testi di riferimento:

Shifman, Mikhail, Advanced topics in quantum field theory. Cambridge: Cambridge University Press, 2012

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Note aggiuntive del corso

NUCLEAR ASTROPHYSICS

Titolare: Prof. ANTONIO CACIOLLI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Elementi di meccanica quantistica, fisica nucleare e di fisica generale

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni in aula (o su zoom in caso sia necessario)

Contenuti:

Reazioni termonucleari. Definizione di sezione d'urto, fattore S astrofisico, tasso di reazione e derivazione del picco di Gamow. Bruciamenti nucleari nelle stelle durante le fasi idrostatiche ed esplosive. Cenni di modellistica stellare. Bruciamento dell'idrogeno: catene p-p, cicli CNO, NeNa, MgAl Bruciamento dell'elio: reazioni 3-alpha e alpha + ^{12}C . Reazioni di bruciamenti nucleari avanzati (C, Ne, O, Si). I processi di cattura neutronica (s e r: lento e rapido). Per ogni argomento verrà data una panoramica dei risultati più rilevanti nella letteratura recente. Calcolo del rateo di reazione in casi specifici (cattura diretta, risonanze strette, risonanza larghe) Come svolgere un esperimento in Astrofisica Nucleare (ogni aspetto del corso verrà discusso in relazione alle strutture sperimentali in attività 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, ...).

Modalità di esame:

Una presentazione di massimo 10 minuti su un tema astrofisico (sia dal punto di vista teorico che sperimentale) e domande legate alla presentazione e al programma svolto nel corso.

Criteri di valutazione:

Accertamento della comprensione e della padronanza degli argomenti trattati.

Testi di riferimento:

C. E Rolfs e W. S. Rodney, Coultrons in the Cosmos. : The University Chicago Press, 1988 Iliadis C., Nuclear Physics of Stars. : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KgaA, 2007

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Diapositive e altro materiale reso disponibile in formato elettronico agli studenti. Articoli su riviste scientifiche presentati nel corso.

NUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.ssa SILVIA MONICA LENZI

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Meccanica quantistica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Lo studente sarà introdotto al problema della fisica dei molti corpi fortemente interagenti che danno luogo a moti collettivi e di particella singola. Il corso fornisce una buona conoscenza delle proprietà del nucleo atomico che implica l'utilizzo di modelli microscopici e macroscopici per la descrizione dei

fenomeni osservati. Lo studente sarà introdotto alle tecniche sperimentali e teoriche sia per lo studio della struttura nucleare con metodi di spettrometria gamma, sia per lo studio dei meccanismi delle reazioni nucleari, anche di interesse astrofisico. Verranno presentati e discussi i problemi più attuali della Fisica Nucleare e le prospettive future. 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. Simmetrie nella struttura dei nuclei Metodi sperimentali per la struttura nucleare Modelli nucleari: 1) Modelli collettivi: Deformazione nucleare, Eccitazioni collettive, Moti vibrazionali, Moti rotazionali. 2) Modello Microscopici: Modello di campo medio, Modello a shell interattivo, Modello di Nilsson. Parte Seconda: 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:

K.S.Krane, Introductory Nuclear Physics. : , Kris Heyde, Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1999 Greiner and Maruhn, Nuclear Models. : Springer,

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

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:

Redish E.F., Teaching Physics with the physics suite. USA: John Wiley & Sons, 2003 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, ...)

PHYSICS LABORATORY

Titolare: Dott. GABRIELE SIMI

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 16A+48L; 6,00

Prerequisiti:

Laboratori della Laurea Triennale.

Conoscenze e abilità 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 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. GIANGUIDO DALL'AGATA

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Meccanica quantistica relativistica. Teoria dei campi classica e quantizzazione canonica del campo scalare e fermionico. QED di base.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Formulazione con l'integrale di cammino della meccanica quantistica e delle teorie di campo relativistiche. Sua applicazione alla soluzione perturbativa delle teorie di campo. Nozioni basilari tecniche e concettuali della teoria della rinormalizzazione e del gruppo di rinormalizzazione.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni ed esercizi settimanali.

Contenuti:

1. The LSZ Reduction Formula. 1.1 A new approach to Quantum Field Theory. 1.2 Correlators and the LSZ reduction formula. 2. The Path integral in Quantum Mechanics. 2.1 Intuitive introduction to path integrals. 2.2 From Schroedinger equation to the path integral. 2.3 The partition function. 2.4 Operators and time ordering. 2.5 The continuum limit and non-commutativity. 3. Perturbation Theory. 3.1 Correlators and scattering amplitudes. 3.2 Free field theory. 3.3 Perturbation theory. 3.4 Feynman Diagrams. 3.5 Borel resummation*. 3.6 Exact results - localization*. 4. Effective and quantum action. 4.1 Wilsonian effective action. Integrating out fields. 4.2 The 1pl effective action. 5. Path integral quantization of ? ?4. 5.1 Dimensional analysis. 5.2 The free theory. 5.3 The interacting theory. 5.4 The Coleman-Weinberg potential. 6. Quantising spin 1/2 and spin 1 fields. 6.1 Path integral for Dirac fermions. 6.2 Path integral for photons. 7. Perturbative renormalization. 7.1 Divergences. 7.2 Superficial degree of divergence and BPHZ theorem. 7.3 1-loop propagator

in ? ?4. 7.4 On-shell renormalisation. 7.5 Dimensional regularization. 7.6 ? ?4 at two loops. 7.7 QED Renormalization. 8. The Renormalization Group. 8.1 Renormalization and integrating out degrees of freedom. 8.2 The Callan-Symanzik equations. 8.3 Anomalous dimensions. 8.4 Renormalization group flow. 8.5 Counterterms and the continuum limit. 8.6 Polchinski equations. 8.7 The local potential approximation. 8.8 The Gaussian Critical point and Landau poles. 8.9 The Wilson-Fisher critical point. 8.10 Zamolodchikov's C-theorem. 9. Symmetries. 9.1 Symmetries in quantum field theories. 9.2 Ward-Takahashi identities. 9.3 Current conservation in QFT. 10. Quantization of non-abelian gauge theories. 10.1 Classical Yang-Mills theories. 10.2 Gauge fixing and the path integral. 10.3 Fadeev Popov determinants and ghosts 10.4 BRST symmetry and the physical Hilbert space

Modalità di esame:

Prova di ammissione scritta con risoluzione di uno dei problemi assegnati durante il corso. Esame orale con domande generali sugli argomenti del corso, incluse le derivazioni dei risultati principali.

Criteri di valutazione:

Conoscenza e comprensione della formulazione delle teorie di campo quantistiche nell'approssimazione perturbativa tramite l'integrale di cammino e capacità di applicare i concetti generali al calcolo di semplici quantità fisiche.

Testi di riferimento:

Srednicki, Mark A., Quantum field theory Mark Srednicki. Cambridge: Cambridge university press, 2007 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 Pierre Ramond, Field Theory: A Modern Primer, 2nd Edition. : Addison-Wesley, 1989

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Libri consigliati: M. Srednicki, "Quantum Field Theory", CUP L. Brown, "Quantum Field Theory", CUP M. E. Peskin and D. V. Schroeder, "An Introduction to Quantum Field Theory", 1995, Addison Wesley S. Weinberg, "The Quantum Theory of Fields", vol I and II, 1995 CUP Appunti online (Rattazzi, Serone, Weigand)

RADIOACTIVITY AND NUCLEAR MEASUREMENTS

Titolare: Prof. MARCO MAZZOCCO

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 32A+16E; 6,00

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 "ISOL" e "IN-FLIGHT": Reazioni con fasci secondari ISOL: Eccitazione coulombiana, trasferimento di 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:

Krane, Kenneth S., Introductory nuclear physics Kenneth S. Krane. Hoboken: NJ, Wiley, 1987 Bertulani, Carlos A., Nuclear Physics in a Nutshell. Princeton University Press: , 2007 Knoll, Glenn F., Radiation detection and measurement Glenn F. Knoll. New York etc.!: Wiley & Sons, 0

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: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

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:

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

Testi di riferimento:

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

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

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:

1) Introduzione del corso e richiami del Modello Standard 2) Simmetrie discrete: simmetrie C, P, T ed il teorema CPT. Condizioni di Sakharov. 3) Simmetrie chirali della QCD e determinazione della matrice CKM 4) Neutrini: masse e mescolamenti di neutrini, oscillazioni dei neutrini nel vuoto e nella materia. Violazione del sapore leptonico ($\mu \rightarrow e$ e γ) e del numero leptonico (doppio decadimento beta senza neutrini). 5) Teorie effettive 6) Scoperta delle correnti neutre a bassa energia 7) Osservabili di precisione elettrodeboli (EWPO) a LEP-I e LEP-II. Teorema di equivalenza per i bosoni di Goldstone. 8) Rinormalizzazione: schemi di regolarizzazione e rinormalizzazione, auto-energie, correzione al vertice della QED e $g-2$ dell'elettrone. Identità di Ward e funzioni beta della QED. 9) EWPO a 1-loop: correzioni oblique. Simmetria custodiale, parametri ρ , S, T, U e $Z \rightarrow b\bar{b}$. 10) Anomalie: correnti assiali e vettoriali in QED. Anomalie ABJ nei casi abeliani e non abeliani. Anomalie nello SM. Simmetrie globali ed anomalie. 11) Oscillazione mesone antimesone: formalismo quantistico. Calcolo dei rilevanti diagrammi a box per l'oscillazione dei mesoni nello SM. Elemento di matrice adronico e approssimazione della saturazione del vuoto. 12) Fisica dell'Higgs: limiti teorici per la massa del bosone di Higgs (unitarietà, trivialità, stabilità del vuoto). Limiti sperimentali dal LEP e Tevatron e limiti indiretti da EWPO. Meccanismi di produzione dell'Higgs e modi di decadimento. Calcolo del tasso di decadimento del processo $H \rightarrow$ gluone gluone

Modalità 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:

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

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

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 così 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 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 terminologia utilizzata 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/>

SUBNUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.ssa DONATELLA LUCCHESI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Principi di fisica nucleare e sub-nucleare, principi di meccanica quantistica, dinamica relativistica, teoria dei campi quantistici, grafici di Feynman, radiazione di interazione con la materia.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Metodologie sperimentali per lo studio della fisica sub-nucleare. Fenomenologia del modello standard: interazioni elettromagnetiche, forti e deboli.

Elementi della fisica dei neutrini oltre il modello standard e della fisica di Higgs.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali tramite computer da tavolo, utilizzo di animazioni e piccoli film. Possibilità di seminari da parte di esperti.

Contenuti:

Introduzione e riepilogo Strumenti per il calcolo Rivelatori per esperimenti di fisica delle particelle Sezione trasversale $e + e + \rightarrow \mu + \mu -$ ed $e + e + \rightarrow hh$ Scattering anelastico profondo The Gluon QCD, partoni e getti Interazione Electroweak: introduzione Test sperimentali di interazione Electroweak Teoria di Cabibbo e matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa Violazione di CP e T, il sistema del mesone B. Test di CKM Neutrino e modello standard Proprietà di Higgs

Modalità di esame:

L'esame si baserà su un compito assegnato in anticipo agli studenti. Sarà costituito da esercizi o domande aperte e da una discussione su argomenti aperti tra quelli discussi durante le lezioni. Durante la discussione possono essere poste domande sugli argomenti della classe.

Criteri di valutazione:

The exercises will be evaluated on the basis of correctness and simplicity in the execution. The discussion together with the answers will be evaluated considering the correctness, conciseness and the clarity of exposition.

Testi di riferimento:

Peskin, Concepts of elementary particle physics. : Oxford, Martin and Halzen, Quarks and leptons. : John Wiley and son,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Le lezioni saranno disponibili su Moodle.

THEORETICAL PHYSICS OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS (C.I.)

Titolare: Prof. STEFANO RIGOLIN

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

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.

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

Moduli del C.I.:

Theoretical physics of the fundamental interactions (Mod. A)

Theoretical physics of the fundamental interactions (Mod. B)

THEORETICAL PHYSICS OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS (MOD. A)

Titolare: Prof. PIERPAOLO MASTROLIA

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Contenuti:

Programma: 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. Teorie di campo: campo di Schroedinger, campo di Klein-Gordon, campo di Dirac e campo elettromagnetico. Quantizzazione canonica di una teoria di campo relativistica libera. Teoria quantistica di campo interagente: matrice-S e regole di Feynman. Regole di Feynman della QED.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali ed esercizi (48 ore) Tutorato con T.A. (24 ore)

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Testi suggeriti e Lecture Notes

Testi di riferimento:

Gelis, François, Quantum field theory from basics to modern topics François Gelis. Cambridge: Cambridge University Press, 2019 Mandl, Franz; Shaw, Graham, Quantum field theory Franz Mandl, Graham Shaw. Hoboken: John Wiley, 2010 Peskin, Michael E.; Schroeder, Daniel V., An introduction to quantum field theory. : Addison-Wesley, 1995 Greiner, Walter, Reinhardt, Joachim, Field Quantization. : Springer, 1996 Costa, Giovanni; Fogli, Gianluigi, Symmetries and group theory in particle physics an introduction to space-time and internal symmetries Giovanni Costa, Gianluigi Fogli. Berlin: Springer, 2012 Greiner, Walter, Relativistic Quantum Mechanics. : Springer,

THEORETICAL PHYSICS OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS (MOD. B)

Titolare: Prof. STEFANO RIGOLIN

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Contenuti:

Programma: 1. Elettrodinamica Quantistica. Regole di Feynman e processi di scattering a livello albero (Rutherford, Compton e Bhabha scattering, Bremsstrahlung). 2. Teorie di gauge non-Abeliane: derivate covarianti e campi di gauge, termini cinetici per i campi di gauge e autointerazione. 3. 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. 4. Teoria di gauge elettrodebole. Teoria di Fermi: regole di Feynman e decadimento del muone. La teoria di gauge SU(2) x U(1) e l'unificazione elettrodebole. 5. Rottura spontanea di una simmetria: il caso discreto e continuo. Teorema di Goldstone e meccanismo di Higgs. 6. Rottura spontanea della simmetria elettrodebole. 7. La Lagrangiana del Modello Standard per una e tre famiglie.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali di teoria e esercizi

Testi di riferimento:

Schwartz, Matthew Dean, Quantum field theory and the standard model Matthew D. Schwartz. Cambridge: Cambridge univ. press, 2014 F. Mandl , G. Shaw, Quantum Field Theory (2nd edition). : John Wiley and Sons, 2010

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

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 - 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 ? L'approccio perturbativo ? Random Phase Approximation ? Il metodo dell'integrale funzionale - Bosoni non interagenti: condensazione di Bose-Einstein - Teorema di Goldstone - Bosoni interagenti: Superfluidita' ? Lo spettro di Bogoliubov ? Criterio di Landau ? L'azione del modo di Goldstone ? Fenomenologia - Superconduttività ? Fenomenologia ed equazioni di London ? Interazione elettrone-fonone ? Il problema di Cooper ? La teoria BCS con l'integrale funzionale: la gap e la temperatura critica ? La teoria di Ginzburg-Landau ? L'azione del modo di Goldstone ? L'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