



Bollettino Notiziario - A.A. 2021/2022

LAUREA MAGISTRALE IN PHYSICS (ORD. 2021)

Curriculum: Corsi comuni

Curriculum: NuPhys - Nuclear Physics

ACCELERATOR PHYSICS

Titolare: Dott. ANDREA PISENT

Periodo: I anno, 2 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

ADVANCED PHYSICS LABORATORY A

Titolare: Prof. GIAMPAOLO MISTURA

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2021)

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.

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.

ASTROPARTICLE PHYSICS

Titolare: Prof. FRANCESCO D'ERAMO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2021)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Theoretical Physics of the Fundamental Interactions (MOD. A and MOD. B) nel primo semestre.

Conoscenze e abilità da acquisire:

In questo corso evidenzieremo la sinergia tra gli studi delle scale di lunghezza più grandi e più piccole osservabili. Come vedremo durante le lezioni, gli strumenti che abbiamo sviluppato investigando la Natura alle più piccole scale di lunghezza osservabili ci hanno permesso di arrivare a un'immagine coerente dell'Universo. Secondo tale immagine, i costituenti fondamentali sono i barioni, la materia oscura e l'energia oscura, integrati da condizioni iniziali determinate da un'epoca iniziale di inflazione. Tuttavia, molte domande sono 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.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni alla lavagna.

Contenuti:

1) Fisica delle particelle nell'universo primordiale 2) Bariogenesi e leptogenesi 3) Evidenza osservativa per la materia oscura 4) Candidati di materia oscura WIMPs 5) Assioni 6) Energia oscura e quintessenza 7) Universo inflazionario e reheating

Modalità di esame:

Esame orale.

Criteri di valutazione:

La prova orale stabilirà il grado di comprensione del materiale trattato a lezione e la capacità di esporlo in modo logico e coerente.

Testi di riferimento:

Gorbunov, Dmitry S., Introduction to the theory of the early universe cosmological perturbations and inflationary theory. New Jersey [etc: World Scientific Publishing, 2011 Liddle, Andrew, Introduction to modern cosmology. Chichester : J. Wiley, 1999 Profumo, Stefano, An introduction to particle dark matter. New Jersey: World Scientific, 2017 De Angelis, Alessandro., Introduction to Particle and Astroparticle Physics [electronic resource] : Multimessenger Astronomy and its Particle Physics Foundations / by Alessandro De Angelis, Mário Pimenta.. Cham: Springer International Publishing, 2018 Gorbunov, Dmitry S., Introduction to the theory of the early universe hot big bang theory. New Jersey [etc: World Scientific Publishing, 2011

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

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

BASIC EXPERIMENTAL NUCLEAR PHYSICS

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

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

HADRONIC PHYSICS**Titolare:** da definire**Periodo:** I anno, 2 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

HEAVY ION REACTIONS**Titolare:** Prof.ssa GIOVANNA MONTAGNOLI**Periodo:** I anno, 2 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. 2021)

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.

MANY BODY THEORIES IN NUCLEAR PHYSICS

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 2 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. 2021)

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 + 12C. 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 REACTIONS

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 2 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 STRUCTURE: PROPERTIES AND MODELS

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

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. 2021)

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:

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

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.

RELATIVISTIC QUANTUM THEORY: NUCLEAR PROCESSES

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 2 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:

SUBNUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.ssa DONATELLA LUCCHESI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2021)

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 $e^+e^- \rightarrow h\bar{h}$ 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:

Gli esercizi saranno valutati sulla base della correttezza e semplicità nell'esecuzione. La discussione insieme alle risposte saranno valutate considerando la correttezza, la concisione e la chiarezza dell'esposizione.

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.

WEAK INTERACTIONS

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 2 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

Curriculum: Physics of matter

ADVANCED PHYSICS LABORATORY A

Titolare: Prof. GIAMPAOLO MISTURA

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2021)

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 TOPICS IN PHYSICS

Titolare: Prof. GRIGORI KORTCHEMSKI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2021)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Contenuti:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Modalità di esame:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Criteri di valutazione:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Saranno forniti all'inizio del corso.

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.

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:

R. LeSar, Introduction to Computational Materials Science. Cambridge: Cambridge University Press, 2013 D. Frenkel, B. Smit, Understanding Molecular Simulations, 2nd edition. San Diego: Academic Press, 2002 M. P. Allen, D. J. Tildesley, Computer simulation of liquids - 2nd Edition. Oxford: Oxford University Press, 2017

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.

INTRODUCTION TO MANY BODY THEORY

Titolare: Prof. PIER LUIGI SILVESTRELLI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2021)

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) Fundamentals of NanoScience (LM in Scienza dei Materiali e in Ingegneria 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 (LM in PHYSICS) Il corso prevede lezioni frontali tenute dal Prof. G. Mattei. Sono anche previste esercitazioni di laboratorio come applicazioni 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) Fundamentals of NanoScience (LM in Scienza dei Materiali e in Ingegneria 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 (LM 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 aggiuntivi 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) Fundamentals of NanoScience (LM in Scienza dei Materiali e in Ingegneria 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 (LM 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:

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

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'.

INTRODUCTION TO REASERCH

Titolare: Prof.ssa CINZIA SADA

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Nessuno

Conoscenze e abilità da acquisire:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Contenuti:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Modalità di esame:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Criteri di valutazione:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Saranno forniti all'inizio del corso.

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.

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:

Fibrati lisci su varietà differenziabili (definizioni generali, descrizione locale, sezioni, esempi) Fibrati vettoriali (definizioni, descrizione locale, sezioni, connessioni lineari, trasporto parallelo, derivata covariante, esempi) Fibrati principali (breve richiamo di gruppi di Lie, loro rappresentazioni e azioni su varietà, definizioni generali, descrizione locale, sezioni, connessioni principali, fibrati vettoriali associati, esempi) Classi caratteristiche (tempo permettendo, approccio di Chern-Weil alle classi di Stiefel-Whitney e Chern) Applicazioni (teorie di gauge di varia origine)

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). 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 risolubile: 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 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

PHYSICS LABORATORY

Titolare: Dott. GABRIELE SIMI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2021)

Periodo: I 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.

SOLID STATE PHYSICS

Titolare: Prof. FRANCESCO ANCILOTTO

Periodo: l'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:

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.

STATISTICAL MECHANICS

Titolare: Prof. ENZO ORLANDINI

Periodo: l'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 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, J. Yeomans, Statistical mechanics of Phase transitions. Oxford: Oxford University Press, 1992 L. Peliti, Statistical Mechanics in a Nutshell. : Princeton,

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 Weizsacker 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:

B.H. Bransden and C.J. Joachain, Physics of Atoms and Molecules. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003 L. Salasnich, Quantum Physics of Light and Matter. Photons, Atoms and Strongly-Correlated Systems.. Berlin: Springer, 2017

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Libro scritto dal docente.

TEACHING AND LEARNING PHYSICS

Titolare: Prof.ssa ORNELLA PANTANO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2021)

Periodo: I anno, annuale

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:

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

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, ...)

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 TOPICS IN PHYSICS

Titolare: Prof. GRIGORI KORTCHEMSKI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Contenuti:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Modalità di esame:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Criteri di valutazione:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Saranno forniti all'inizio del 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 analysi

Testi di riferimento:

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

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:

Theoretical Physics of the Fundamental Interactions (MOD. A and MOD. B) nel primo semestre.

Conoscenze e abilità da acquisire:

In questo corso evidenzieremo la sinergia tra gli studi delle scale di lunghezza più grandi e più piccole osservabili. Come vedremo durante le lezioni, gli strumenti che abbiamo sviluppato investigando la Natura alle più piccole scale di lunghezza osservabili ci hanno permesso di arrivare a un'immagine coerente dell'Universo. Secondo tale immagine, i costituenti fondamentali sono i barioni, la materia oscura e l'energia oscura, integrati da condizioni iniziali determinate da un'epoca iniziale di inflazione. Tuttavia, molte domande sono 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.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni alla lavagna.

Contenuti:

1) Fisica delle particelle nell'universo primordiale 2) Bariogenesi e leptogenesi 3) Evidenza osservativa per la materia oscura 4) Candidati di materia oscura WIMPs 5) Assioni 6) Energia oscura e quintessenza 7) Universo inflazionario e reheating

Modalità di esame:

Esame orale.

Criteri di valutazione:

La prova orale stabilirà il grado di comprensione del materiale trattato a lezione e la capacità di esporlo in modo logico e coerente.

Testi di riferimento:

Gorbunov, Dmitry S., Introduction to the theory of the early universe cosmological perturbations and inflationary theory. New Jersey [etc: World Scientific Publishing, 2011 Liddle, Andrew, Introduction to modern cosmology. Chichester : J. Wiley, 1999 Profumo, Stefano, An introduction to particle dark matter. New Jersey: World Scientific, 2017 De Angelis, Alessandro., Introduction to Particle and Astroparticle Physics [electronic resource] : Multimessenger Astronomy and its Particle Physics Foundations / by Alessandro De Angelis, Mário Pimenta.. Cham: Springer International Publishing, 2018 Gorbunov, Dmitry S., Introduction to the theory of the early universe hot big bang theory. New Jersey [etc: World Scientific Publishing, 2011

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 Carroll, Sean M., Spacetime and geometry: an introduction to general relativity. Harlow: Essex, Pearson, 2014 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 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 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 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 traversa, focalizzazione debole, oscillazioni di betatrone, matrici di trasporto, focalizzazione forte, quadrupoli e funzioni separate. Cenni all'emittanza, stabilità di fase, oscillazioni di sincrotrone, diagrammi di fase, struttura a pacchetti. Cenni alla radiazione di sincrotrone. Anelli di accumulazione: luminosità, accumulazione di antiprotoni, raffreddamento stocastico.

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.

INTRODUCTION TO REASERCH

Titolare: Prof.ssa CINZIA SADA

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Nessuno

Conoscenze e abilità da acquisire:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Contenuti:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Modalità di esame:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Criteri di valutazione:

Saranno forniti all'inizio del corso.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Saranno forniti all'inizio del corso.

MULTIMESSENGER ASTROPHYSICS

Titolare: Prof.ssa ELISA BERNARDINI

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

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 3,00

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 * interactions of cosmic rays in the atmosphere and production of secondary particles * direct and indirect measurements of cosmic rays * propagation of cosmic rays through the galaxy and in extragalactic environments * cosmic rays at the most extreme energies (UHECR) * acceleration of cosmic rays * 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 * discussion of research articles on various topics discussed in the lectures

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 combinando diversi messaggi cosmici (ovvero fotoni, raggi cosmici, neutrini e onde gravitazionali) per raggiungere una comprensione più esaustiva degli oggetti astrofisici che osserviamo. La luce visibile rivela 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 di fisica delle alte energie 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. I raggi cosmici possono interagire in prossimità delle sorgenti che li emettono, dando origine ad altre particelle secondarie, quali i neutrini e i raggi gamma. Mentre i raggi cosmici sono deviati dai campi magnetici intergalattici durante il loro cammino, neutrini e fotoni, 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 la rivelazione di onde gravitazionali (GW170817) dovute alla fusione di due stelle di neutroni e associate ad un lampo di raggi gamma (GRB 170817A). Pochi giorni dopo un'altro evento ha coronato il successo dell'astrofisica multi-messaggera: 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. 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:

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

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 e pubblicazioni di lavori di ricerca) verrà fornito durante le lezioni.

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 + 12C. 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 Rofls e W. S. Rodney, Couldrons 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. Gli studenti impareranno a fare calcoli microscopici di struttura nucleare e lavoreranno in gruppi su argomenti di carattere sperimentale.

Contenuti:

Programma di Fisica Nucleare 2021/2022 Parte prima: Struttura del nucleo e modelli nucleari Dall'interazione nucleone-nucleone all'interazione efficace nel nucleo. Simmetrie nella struttura dei nuclei 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. Metodi sperimentali per la struttura nucleare 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 discussione degli esercizi proposti durante il corso, ed eventuale presentazione di un lavoro di ricerca su argomenti diversi proposti dai docenti.

Criteri di valutazione:

Buon dominio dei principali argomenti del corso.

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

PHYSICS LABORATORY

Titolare: Dott. 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 ϕ^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 ϕ^4 . 7.4 On-shell renormalisation. 7.5 Dimensional regularization. 7.6 ϕ^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:

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 S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields. Vol I.. : Cambridge University Press, 2005 Srednicki, Mark A., Quantum field theory Mark Srednicki. Cambridge: Cambridge university press, 2007

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:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Monografie, articoli di rassegna ed articoli su riviste scientifiche consigliati dal docente durante le lezioni. trasparenze delle lezioni svolte in aula.

STANDARD MODEL

Titolare: Prof. PARIDE PARADISI

Periodo: 1 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 leptonic ($\mu \rightarrow e$ e γ) e del numero leptonic (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 antimessone: 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 $H \rightarrow g\bar{g}$

Modalità di esame:

Esame orale

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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.

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:

Gli esercizi saranno valutati sulla base della correttezza e semplicità nell'esecuzione. La discussione insieme alle risposte saranno valutate considerando la correttezza, la concisione e la chiarezza dell'esposizione.

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.

TEACHING AND LEARNING PHYSICS

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:

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

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, ...)

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

Titolare: da definire

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 Poincaré 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:

Peskin, Michael E.; Schroeder, Daniel V., An introduction to quantum field theory. : Addison-Wesley, 1995 Mandl, Franz; Shaw, Graham, Quantum field theory Franz Mandl, Graham Shaw. Hoboken: John Wiley, 2010 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, Gelis, François, Quantum field theory from basics to modern topics François Gelis. Cambridge: Cambridge University Press, 2019

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