



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Bollettino Notiziario - A.A. 2024/2025

LAUREA MAGISTRALE IN PHYSICS (ORD. 2024)

Curriculum: Corsi comuni

Curriculum: Interdisciplinary physics

ADVANCED PHYSICS LABORATORY A

Titolare: Prof. MATTEO AMBROGIO PAOLO PIERNO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

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

Prerequisiti:

Laboratori degli anni precedenti e conoscenze di base di elettronica e ottica. Dato il carattere avanzato del corso e la modalità di fruizione a gruppi è importante che il livello di preparazione della classe sia omogeneo. I prerequisiti riportati di seguito sono perciò da considerarsi indispensabili per affrontare in modo proficuo questo laboratorio. Se si dubita di padroneggiare tutti o una parte degli argomenti riportati la frequentazione di questo corso non potrà essere soddisfacente. In questo caso la partecipazione al corso è fortemente sconsigliata. In caso di dubbi, i docenti sono a disposizione per guidarvi nella scelta. - Elementi di base di statistica per analisi dati sperimentali (teoria degli errori, errori sistematici ed errori casuali, stima della varianza di una distribuzione di errori, funzioni di più variabili casuali, propagazione degli errori, covarianza e correlazione di grandezze fisiche affette da errore, verifica delle ipotesi, metodo dei minimi quadrati, metodo del chi-quadro). - elementi di base di circuiti elettrici (leggi di Ohm e di Kirchoff, teoremi di Thevenin, reti lineari, analisi in frequenza di semplici circuiti come RC, RLC etc.) - strumentazione di base di laboratorio (uso del tester, oscilloscopio, generatore di funzioni, familiarità con semplici elementi circuitali come resistori, condensatori, induttori) - programmi per l'analisi dei dati (conoscenza di base di tecniche di analisi al computer con programmi come Origin, Excel, Root etc. tracciamento di grafici, fit lineari, eseguire operazioni su set di dati, salvataggio su cloud).

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. E' previsto che lo svolgimento dell'esperienza scelta possa proseguire nel modulo B dell'Advanced Physics Laboratory.

Contenuti:

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

Modalità di esame:

Relazione scritta ed esame orale.

Criteria di valutazione:

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

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense scritte dai responsabili del corso scaricabili dal Moodle del corso.

APPLIED DIGITAL ELECTRONICS

Titolare: Prof. PIERO GIUBILATO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

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

Criteria di valutazione:

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

Testi di riferimento:

A. Laicata, Circuiti elettronici. ; 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. MARCO PELOSO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Gli argomenti insegnati nel corso "Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali (sia MOD. A che MOD. B)" nel primo semestre sono prerequisiti per questo corso.

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 nel corso delle lezioni, gli strumenti che abbiamo sviluppato investigando la Natura alle più piccole scale di lunghezza osservabili ci hanno permesso di arrivare a una descrizione coerente dell'Universo dove i costituenti fondamentali sono i barioni, la materia oscura e l'energia oscura, integrati da condizioni iniziali determinate da una prima epoca di inflazione. Questo insegnamento permetterà di acquisire la conoscenza di varie tappe fondamentali dell'evoluzione dell'universo primordiale, delle scale di energia coinvolta, e della fisica particellare rilevante in ciascuna di esse. Questa conoscenza porta a domande via via più approfondite, molte delle quali sono ancora senza risposta. Lo scopo di questo insegnamento è quello di rendere gli studenti consapevoli di tali problemi, rivedere le soluzioni più comuni e potenzialmente discutere nuove idee adatte per un progetto di tesi di laurea magistrale.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni alla lavagna.

Contenuti:

1) Modello cosmologico standard 2) Fisica delle particelle nell'Universo primordiale 3) Universo inflazionario: motivazioni e fenomenologia 4) Reheating 5) Asimmetria materia/antimateria: bariogenesi e leptogenesi 6) Evidenze osservative per la materia oscura 6) Candidati di materia oscura e meccanismi di produzione 7) Ricerche dirette ed indirette di materia oscura 8) Modelli di energia oscura e quintessenza

Modalità di esame:

Quiz scritto con domande a risposta multipla per l'ammissione all'esame orale, e poi esame orale.

Criteri di valutazione:

Il quiz scritto a scelta multipla stabilirà una soglia inferiore per l'ammissione all'orale. L'esame orale stabilirà il grado di comprensione del materiale trattato a lezione e la capacità di esporlo in modo logico e coerente.

Testi di riferimento:

Liddle, Andrew; Liddle, Andrew, introduction to modern cosmology. Chichester: Wiley, 2015 Kolb, Edward W.; Turner, Michael; Kolb, Edward W., early universe. New York: Westview Press, 1994 Rubakov, Valery; Gorbunov, Dmitry S.; Rubakov, Valery, Introduction to the theory of the early universe hot Big Bang theory. New Jersey: World Scientific, 2018 Profumo, Stefano; Profumo, Stefano, introduction to particle dark matter. New Jersey: World Scientific, 2017

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Gli appunti delle lezioni verranno caricati sulla pagina Moodle del corso.

BIOLOGICAL PHYSICS

Titolare: Prof. FULVIO BALDOVIN

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Comprensione di base della termodinamica e della meccanica statistica; elementi di base della teoria della probabilità. Qualche conoscenza di idrodinamica. Il materiale didattico, le lezioni, e gli esami saranno in inglese.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Grazie alle odierne tecniche di micro e nanomanipolazione, la moderna biologia molecolare offre un perfetto ambito per la fisica dei sistemi complessi su scala nanometrica. Le conoscenze e le competenze da acquisire includono: 1) Panoramica della struttura cellulare. 2) Capacità di sviluppare una descrizione quantitativa di come il moto browniano sovrasmorzato delle molecole in acqua limiti la permeabilità e il metabolismo cellulare, e il potenziale elettrico di membrana. 3) Come applicare la modellizzazione idrodinamica al movimento cellulare, alle reti vascolari, alla replicazione del DNA. 4) Comprensione dell'azione delle forze entropiche di origine sia meccanica che chimica nella regolazione dei processi cellulari. 5) Applicazione di modelli statistici alle conformazioni polimeriche. 6) Capacità di interpretare e dedurre misure microscopiche da risultati sperimentali di manipolazioni di singola molecola eseguite con pinzette ottiche. 7) Principi fondamentali di funzionamento degli enzimi e delle macchine molecolari. 8) Modellizzazione quantitativa dei meccanismi di pompaggio ionico e di generazione degli impulsi nervosi.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezione classica attraverso l'uso del tablet, proiezioni di video e figure. Casi di studio per favorire la discussione e la riflessione critica in aula.

Contenuti:

Richiami di Fisica, Chimica e Termodinamica di base applicati alla Biologia. Panoramica sulla struttura cellulare. Moto Browniano, Diffusione e Dissipazione. Meccanica a bassi numeri di Reynolds. Entropia, temperatura, energia libera. Forze entropiche. Transizione cooperative in macromolecole. Enzimi e macchine molecolari. Il potenziale di membrana, il pompaggio sodio-potassio, e impulsi nervosi

Modalità di esame:

L'esame comporta di due parti: una prova scritta basata su una lista di esercizi consegnata durante le lezioni (è consentita la consultazione del testo e delle note sulle lezioni); una prova orale sugli argomenti del corso e, opzionalmente, su un ulteriore argomento scelto dallo studente.

Criteri di valutazione:

I criteri utilizzati per verificare le conoscenze e le competenze acquisite sono: 1) comprensione degli argomenti trattati; 2) uso di un preciso gergo scientifico; 3) capacità di collegare e sintetizzare le conoscenze acquisite; 4) analisi dimensionale; 5) capacità di manipolazione analitica e numerica.

Testi di riferimento:

Nelson, Philip, Biological physics energy, information, life. New York: W. H. Freeman, 2014

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense e note delle lezioni messe a disposizione attraverso la piattaforma e-learning.

INTRODUCTION TO RADIATION DETECTORS

Titolare: Prof. ALBERTO GARFAGNINI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary 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. Berlin: Springer, Kolanoski, Hermann and Wermes, Norbert, Particle Detectors: Fundamentals and Applications. Oxford: Oxford University Press, 2020

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, 1 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

Tipologie didattiche: ; 6,00

MODELS OF THEORETICAL PHYSICS

Titolare: Prof. SANDRO AZAELE

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

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

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/a studente sarà in grado di descrivere e spiegare come la fisica teorica possa contribuire a comprendere i fenomeni in una varietà di campi che vanno da argomenti "classici" come diffusione, meccanica quantistica e, più in generale, a quelli della fisica dei sistemi complessi. Lo/a studente sarà in grado di mettere in relazioni argomenti diversi utilizzando un approccio matematico unificato, dove il concetto di universalità avrà un ruolo importante. Per acquisire queste competenze, il corso tratterà una serie di sistemi fisici paradigmatici che hanno segnato l'evoluzione della fisica teorica nel secolo scorso, comprese le sfide più recenti poste dai sistemi disordinati. La modellizzazione matematica e la relativa soluzione per ogni problema fisico proposto saranno descritte in dettaglio usando potenti tecniche matematiche. Verranno sistematicamente evidenziati gli aspetti generali delle tecniche matematiche che consentiranno allo/a studente di formulare e risolvere semplici problemi, anche al di fuori della fisica. Lo/a studente dovrà prima familiarizzarsi con gli strumenti matematici di base necessari per affrontare la maggior parte dei temi di nostro interesse. Nella seconda parte del corso imparerà a utilizzare i processi stocastici, applicandoli a diversi scenari e problemi specifici. Utilizzerà vari metodi per riconoscere le proprietà emergenti e quelle universali. Infine imparerà a selezionare la metodologia avanzata più adatta alla soluzione di uno specifico problema che coinvolga sistemi non omogenei / disordinati semplici.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezione 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 Cammini aleatori e loro funzione generatrice, teoria dei campi gaussiani e corrispondente teoria di campo di oscillatori armonici accoppiati. Legge di azione di massa. Instabilità provocate da fenomeni diffusivi ed emergenza di pattern di Turing. Processi stocastici e integrali di percorso. Introduzione alle equazioni differenziali stocastiche e cenni di calcolo stocastico. Equazione di Langevin ed equazione Fokker-Planck (proprietà e soluzioni in casi semplici). Particella in un bagno termico. Processi di Markov discreti e Master equation. Cammini di Levy. Diffusione generalizzata. 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) Metodi non perturbativi: istantoni. Introduzione alla teoria delle matrici random. Fisica statistica dei sistemi di spin casuali. Modello di Sherrington-Kirkpatrick. Trucco delle repliche.

Modalità di esame:

Le conoscenze acquisite verranno valutate attraverso delle prove scritte periodiche, oppure attraverso una prova scritta finale.

Criteri di valutazione:

Conoscenza critica degli argomenti del corso. Capacità di presentare il materiale studiato e applicarlo a casi semplici, possibilmente diversi da quelli discussi in aula. Completezza delle conoscenze acquisite e proprietà di linguaggio.

Testi di riferimento:

Nishimori, Hidetoshi, Statistical physics of spin glasses and information processing: an introduction. Oxford: Oxford University Press, 2001
Chaichian and Demichev, Path Integrals in Physics. Stochastic Processes and Quantum Mechanics. UK: Institute of Physics Publishing Bristol and Philad, 2001
Gardiner, Crispin, Stochastic methods. Berlin: Springer, 2009

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Note di lezione su Moodle

NUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.ssa SILVIA MONICA LENZI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

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 a scelta basato su uno degli articoli di rassegna su diversi argomenti proposti dai docenti.

Criteri di valutazione:

Buon dominio dei principali argomenti del corso.

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

PHYSICS LABORATORY

Titolare: Prof. FRANCESCO RECCHIA

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

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 degli strumenti di analisi dati. Lo studente sarà in grado di gestire autonomamente un apparato di misura, acquisire ed analizzare i dati e valutare l' accuratezza dei risultati ottenuti.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

Questo corso presenta agli studenti alcuni esperimenti di Fisica Moderna che permettono l'approccio a tecniche di misura utilizzate nella pratica attuale della Ricerca Scientifica in di Fisica delle Interazioni fondamentali, Materia e Astrofisica. Ogni studente svolgerà tre esperimenti. Gli esperimenti proposti sono i seguenti: 1) Raggi Cosmici 2) Scattering Compton 3) Decadimento del positronio 4) Imaging con raggi gamma 5) Timing rapido 6) Fisica dei plasmi 7) Fluorescenza X 8) Radioattività naturale & Radon Counting. Nei primi cinque esperimenti gli studenti impareranno ad usare vari tipi di scintillatori per la rivelazione di particelle e raggi gamma e dell'elettronica associata. Verranno costruiti eventi multiparametrici tramite l'uso di tecniche di coincidenze. Gli eventi saranno processati utilizzando un software evoluto (ROOT) per arrivare alla definizione del risultato finale. Nell'esperimento di Fisica dei Plasmi gli studenti studieranno le condizioni che permettono di innescare un plasma a partire da una piccola quantità di gas neutro e studieranno le caratteristiche fisiche del plasma tramite misure elettriche. Gli studenti entreranno a contatto con le tecniche di vuoto e di misura del gas residuo. Gli esperimenti di Fluorescenza X e di radioattività naturale saranno realizzati con rivelatori a semiconduttori ad alta risoluzione (Silici ed HPGe) ed addestreranno gli studenti alla spettroscopia della radiazione X-gamma ed alle tecniche analitiche ad essa connesse.

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense disponibili in rete.

PHYSICS OF SEMICONDUCTORS

Titolare: Prof. DAVIDE DE SALVADOR

Mutuato da: Laurea magistrale in Materials Science (Ord. 2023)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

Tipologie didattiche: 48A+24E; 6,00

Prerequisiti:

Prerequisiti matematici: Funzioni continue. Derivate. Teoremi fondamentali del calcolo differenziale. Massimi e minimi relativi e assoluti. Funzioni trigonometriche esponenziali e logaritmiche. Studio di una funzione. Integrali definiti. Volumi di solidi di rotazione. Serie di Taylor e di Maclaurin. Numeri complessi. Esponenziale in campo complesso. Equazioni differenziali. Equazioni differenziali lineari del primo ordine e del secondo ordine. Funzioni di più variabili. Limiti. Derivate parziali. Massimi e minimi relativi. Punti di sella. Integrali doppi in coordinate polari. Volumi di solidi. Integrali tripli. Calcolo differenziale vettoriale: flusso di un campo vettoriale attraverso una superficie. Divergenza di un campo e teorema della divergenza. Prerequisiti Fisica di Base Legge di Coulomb. Campo elettrostatico. Potenziale elettrostatico. Legge di Gauss. Equazioni di Poisson e Laplace. Capacità; condensatore ideale. Dielettrici. Costante dielettrica. Correnti elettriche e densità di corrente. Conservazione della carica. Legge di Ohm. Effetto Joule. Campo magnetico; forza di Lorentz. Prerequisiti Fisica Quantistica: I quanti di luce e l'effetto foto-elettrico. Pacchetti d'onda. Il principio di indeterminazione di Heisenberg. Equazione di Shroedinger particella in una scatola. Oscillatore armonico quantistico. Valori di aspettazione. Osservabili e operatori. Incertezza quantistica e proprietà degli autovalori. Effetto tunnel barriera quadrata. Penetrazione della barriera. Particella in una scatola tridimensionale. Atomo di idrogeno e atomi idrogenoidi: stato fondamentale e stati eccitati. Tavola periodica. Distribuzione di Maxwell-Boltzmann e densità degli stati. Equipartizione dell'energia. Statistiche quantistiche: distribuzioni di Bose-Einstein e di Fermi-Dirac Prerequisiti Fisica dello stato Solido La struttura cristallina dei solidi: il reticolo diretto e il reticolo reciproco. I fononi. La conducibilità elettrica dei metalli nel modello di Drude. Il teorema di Bloch

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

Richiamo della struttura cristallina dei principali semiconduttori. Semiconduttori elementari, composti e leghe. Richiamo di concetti di base (teorema di Bloch, massa efficace, concetto di buca). Origine e specificità della struttura a bande dei semiconduttori. Le bande reali (esempi GaAs, Si, Ge, AlGaAs). Il metodo della funzione iniluppo per il calcolo degli stati quantistici provenienti da potenziali aperiodici. Il meccanismo di drogaggio. I portatori in un semiconduttore omogeneo in funzione di drogaggio e temperatura (semic. non degenero, intrinseco, ionizzato, non ionizzato, in saturazione, alto drogaggio). Livelli trappola. La compensazione da livello profondo. Il semiconduttore non omogeneo all'equilibrio. Il caso della giunzione p-n. Trasporto di carica nei semiconduttori. Equazione di drift-diffusione. Fenomeni di scattering intrabanda e mobilità in un semiconduttore. I meccanismi di generazione e ricombinazione in un semiconduttore. L'equazione di continuità. Il caso della giunzione p-n fuori equilibrio: polarizzazione e illuminazione. Le eterogiunzioni le giunzioni metallo/semiconduttore, metallo/ossido/semiconduttore. Il confinamento quantistico nei semiconduttori, quantum well, quantum wire, quantum dot. LED, LED basati su GAN, fotodetector. Le architetture dei laser a stato solido, l'effetto del confinamento quantistico sulle performance di un laser. Celle fotovoltaiche. Diverse architetture e materiali per il fotovoltaico. Efficienza. Meccanismi di perdita di efficienza. Celle a film sottile. Tecnologie produttive. Transistor bipolare e FET. Struttura MOS. Tecniche per il drogaggio. Impianto ionico. Diffusione e difetti. Isolanti, ossidazione termica. Legge di Moore e riscaldamento. Problematiche e nuovi materiali.

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Saranno forniti i lucidi del corso

RADIOACTIVITY AND NUCLEAR MEASUREMENTS

Titolare: Prof. MARCO MAZZOCCO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary 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.

SOLID STATE PHYSICS

Titolare: Prof. FRANCESCO ANCILOTTO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

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

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

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. Singularità critiche. Relazioni di scala fra esponenti critici. Omogeneità e scaling di Kadanoff. Gruppo di rinormalizzazione nello spazio reale. Universalità. 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 DELL'ANNA

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

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.

SUBNUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.ssa DONATELLA LUCCHESI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary 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 delle interazioni fondamentali: elettromagnetiche, forti e deboli includendo il campo di Higgs. Fenomenologia di alcuni modelli oltre il modello standard che descrivono la fisica dei neutrini. Principali verifiche sperimentali dei modelli presentati.

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 al corso e riepilogo degli argomenti pre-requisiti Rivelatori per esperimenti di fisica delle particelle Interazioni elettromagnetiche, sezione d'urto $e + e \rightarrow \mu + \mu$ ed $e + e \rightarrow h h$ Scattering anelastico profondo, funzioni di struttura partoniche, esistenza del gluone. QCD, partoni e getti e verifiche sperimentali Interazione debole e tests sperimentali Interazione elettrodebole e tests sperimentali Proprietà del bosone Higgs Matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa e tests sperimentali Violazione di CP e T nei quark pesanti. Fisica del neutrino e tests sperimentali

Modalità di esame:

L'esame si baserà su un compito assegnato in anticipo agli studenti. Sarà costituito da esercizi o domande aperte su argomenti tra quelli discussi durante le lezioni. Esame orale sarà costituito da una breve presentazione di un argomento (fenomenologia e parte sperimentale) riguardante il programma del corso e dalla discussione del compito. Durante la discussione possono essere poste domande sugli argomenti svolti durante le lezioni.

Criteri di valutazione:

Gli esercizi saranno valutati sulla base della correttezza e semplicità nell'esecuzione. La discussione e le 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, W. R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments. : Springer-Verlag,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Le lezioni saranno disponibili su Moodle.

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

Titolare: Prof. PIERPAOLO MASTROLIA

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

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

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

THEORETICAL PHYSICS OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS (MOD. B)

Titolare: Prof. PARIDE PARADISI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Interdisciplinary physics

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. 8. Oscillazione dei neutrini.

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

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:

Concetti di base di fisica acquisiti in triennale in fisica o equivalente.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Conoscenze dei concetti fondamentali alla base dei moderni acceleratori.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni Frontali

Contenuti:

1. Introduzione, acceleratori di particelle per ricerca e applicazioni, come medicina, beni culturali ed energia. Definizione di accelerazione e luminosità, acceleratori di vario tipo, elettrostatico e radiofrequenza. 2. Focalizzazione di un fascio di particelle di cariche, ottica parassiale, quadrupoli magnetici e multipoli. Sistemi di focalizzazione periodica e gradiente alternato, stabilità del trasporto del fascio, ruolo delle risonanze. Invariante di Courant e Snyder, emittanza. Orbite circolari, equazioni del moto in dipoli magnetici, dispersione e cromaticità. 3. Sorgenti ioniche, accelerazione elettrostatica e iniettori. L'accelerazione del fascio con un campo RF. Principio di stabilità di fase. Come un fascio con struttura temporale ("bunched"). 4. Acceleratori lineari e cavità

RF. La sfida dei fasci intensi, la carica spaziale, le instabilità, l'alone del fascio e le piccole perdite. 5. Come gli stessi principi di base si applicano a diversi tipi di acceleratori, linac, ciclotroni, sincrotroni, collisori. Alcuni esempi di acceleratori rilevanti (realizzati e in costruzione).

Modalità di esame:

Esame orale sugli argomenti sviluppati nel corso, con possibilità di partire da un argomento scelto dallo studente. Lo scopo è quello di accertare l'apprendimento dei concetti fondamentali alla base dei moderni acceleratori.

Criteri di valutazione:

Saranno valutati il livello di l'apprendimento dei concetti fondamentali alla base dei moderni acceleratori.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Materiale del docente

ADVANCED PHYSICS LABORATORY

Titolare: Prof. MATTEO AMBROGIO PAOLO PIERNO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

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. Dato il carattere avanzato del corso e la modalità di fruizione a gruppi è importante che il livello di preparazione della classe sia omogeneo. I prerequisiti riportati di seguito sono perciò da considerarsi indispensabili per affrontare in modo proficuo questo laboratorio. Se si dubita di padroneggiare tutti o una parte degli argomenti riportati la frequentazione di questo corso non potrà essere soddisfacente. In questo caso la partecipazione al corso è fortemente sconsigliata. In caso di dubbi, i docenti sono a disposizione per guidarvi nella scelta. - Elementi di base di statistica per analisi dati sperimentali (teoria degli errori, errori sistematici ed errori casuali, stima della varianza di una distribuzione di errori, funzioni di più variabili casuali, propagazione degli errori, covarianza e correlazione di grandezze fisiche affette da errore, verifica delle ipotesi, metodo dei minimi quadrati, metodo del chi-quadro). - elementi di base di circuiti elettrici (leggi di Ohm e di Kirchoff, teoremi di Thevenin, reti lineari, analisi in frequenza di semplici circuiti come RC, RLC etc.) - strumentazione di base di laboratorio (uso del tester, oscilloscopio, generatore di funzioni, familiarità con semplici elementi circuitali come resistori, condensatori, induttori) - programmi per l'analisi dei dati (conoscenza di base di tecniche di analisi al computer con programmi come Origin, Excel, Root etc. tracciamento di grafici, fit lineari, eseguire operazioni su set di dati, salvataggio su cloud).

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. E' previsto che lo svolgimento dell'esperienza scelta possa proseguire nel modulo B dell'Advanced Physics Laboratory.

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 Moodle del corso.

ASTROPARTICLE PHYSICS

Titolare: Prof. MARCO PELOSO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Gli argomenti insegnati nel corso "Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali (sia MOD. A che MOD. B)" nel primo semestre sono prerequisiti per questo corso.

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 nel corso delle lezioni, gli strumenti che abbiamo sviluppato investigando la Natura alle più piccole scale di lunghezza osservabili ci hanno permesso di arrivare a una descrizione coerente dell'Universo dove i costituenti fondamentali sono i barioni, la materia oscura e l'energia oscura, integrati da condizioni iniziali determinate da una prima epoca di inflazione. Questo insegnamento permetterà di acquisire la conoscenza di varie tappe fondamentali dell'evoluzione dell'universo primordiale, delle scale di energia coinvolta, e della fisica particellare rilevante in ciascuna di esse. Questa conoscenza porta a domande via via più approfondite, molte delle quali sono ancora senza risposta. Lo scopo di questo insegnamento è quello di rendere gli studenti consapevoli di tali problemi, rivedere le soluzioni più comuni e potenzialmente discutere nuove idee adatte per un progetto di tesi di laurea magistrale.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni alla lavagna.

Contenuti:

1) Modello cosmologico standard 2) Fisica delle particelle nell'Universo primordiale 3) Universo inflazionario: motivazioni e fenomenologia 4) Reheating 5) Asimmetria materia/antimateria: bariogenesi e leptogenesi 6) Evidenze osservative per la materia oscura 6) Candidati di materia oscura e meccanismi di produzione 7) Ricerche dirette ed indirette di materia oscura 8) Modelli di energia oscura e quintessenza

Modalità di esame:

Quiz scritto con domande a risposta multipla per l'ammissione all'esame orale, e poi esame orale.

Criteri di valutazione:

Il quiz scritto a scelta multipla stabilirà una soglia inferiore per l'ammissione all'orale. L'esame orale stabilirà il grado di comprensione del materiale trattato a lezione e la capacità di esporlo in modo logico e coerente.

Testi di riferimento:

Liddle, Andrew; Liddle, Andrew, introduction to modern cosmology. Chichester: Wiley, 2015 Kolb, Edward W.; Turner, Michael; Kolb, Edward W., early universe. New York: Westview Press, 1994 Rubakov, Valery; Gorbunov, Dmitry S.; Rubakov, Valery, Introduction to the theory of the early universe hot Big Bang theory. New Jersey: World Scientific, 2018 Profumo, Stefano; Profumo, Stefano, introduction to particle dark matter. New Jersey: World Scientific, 2017

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Gli appunti delle lezioni verranno caricati sulla pagina Moodle del corso.

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

INTRODUCTION TO RADIATION DETECTORS

Titolare: Prof. ALBERTO GARFAGNINI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

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. Berlin: Springer, Kolanoski, Hermann and Wermes, Norbert, Particle Detectors: Fundamentals and Applications. Oxford: Oxford University Press, 2020

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. 2024)

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 sui concetti chiave dell'astrofisica nucleare. Gli studenti acquisiranno le competenze per illustrare il funzionamento della nucleosintesi stellare e nel big bang. Da un punto di vista sperimentale riusciranno ad interpretare correttamente le scelte sperimentali fatte nei vari setup attivi nei laboratori di tutto il mondo. Potranno comparare diverse scelte sperimentali e sviluppare in modo creativo scelte proprie. Acquisiranno concetti pratici di analisi dati e la capacità di valutarne l'impatto nei network di evoluzione stellare.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Sono previste tutte le lezioni in aula. Durante le lezioni saranno inframezzati momenti di lezione frontale con momenti di riflessione con task da svolgere in gruppo e successiva discussione dei contenuti affrontati da ogni singolo gruppo di lavoro.

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, *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 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. 2024)

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:

CONTENUTO NON PRESENTE

SUBNUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.ssa DONATELLA LUCCHESI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

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. MATTEO AMBROGIO PAOLO PIERNO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

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. Dato il carattere avanzato del corso e la modalità di fruizione a gruppi è

importante che il livello di preparazione della classe sia omogeneo. I prerequisiti riportati di seguito sono perciò da considerarsi indispensabili per affrontare in modo proficuo questo laboratorio. Se si dubita di padroneggiare tutti o una parte degli argomenti riportati la frequentazione di questo corso non potrà essere soddisfacente. In questo caso la partecipazione al corso è fortemente sconsigliata. In caso di dubbi, i docenti sono a disposizione per guidarvi nella scelta. - Elementi di base di statistica per analisi dati sperimentali (teoria degli errori, errori sistematici ed errori casuali, stima della varianza di una distribuzione di errori, funzioni di più variabili casuali, propagazione degli errori, covarianza e correlazione di grandezze fisiche affette da errore, verifica delle ipotesi, metodo dei minimi quadrati, metodo del chi-quadrato). - elementi di base di circuiti elettrici (leggi di Ohm e di Kirchhoff, teoremi di Thevenin, reti lineari, analisi in frequenza di semplici circuiti come RC, RLC etc.) - strumentazione di base di laboratorio (uso del tester, oscilloscopio, generatore di funzioni, familiarità con semplici elementi circuitali come resistori, condensatori, induttori) - programmi per l'analisi dei dati (conoscenza di base di tecniche di analisi al calcolatore con programmi come Origin, Excel, Root etc. tracciamento di grafici, fit lineari, eseguire operazioni su set di dati, salvataggio su cloud).

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. E' previsto che lo svolgimento dell'esperienza scelta possa proseguire nel modulo B dell'Advanced Physics Laboratory.

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 Moodle del corso.

ADVANCED TOPICS IN PHYSICS

Titolare: Prof. CONSTANTIN BACHAS

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Istituzioni di Fisica Teorica (Laurea Triennale) Fondamenti di Meccanica quantistica e statistica

Conoscenze e abilità da acquisire:

Comprendere le principali caratteristiche conformal field theory.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Saranno introdotte all'inizio del corso.

Contenuti:

Il corso darà tenuto dal prof. Costas Bachas The course Conformal field theory aims at giving a basic introduction to conformal field theories to students that have a basic knowledge of the principles of quantum field theory. Conformal theories play a crucial role in many areas of theoretical physics, from statistical mechanics, condensed matter, high-energy physics and quantum gravity. For example, long-distance correlation functions at a critical point have no intrinsic length-scale, and are thus constrained by conformal invariance. In recent years, new techniques have been developed to use the constraints from the conformal invariance to solve, either analytically or numerically, an important class of conformal field theories; an example is the Ising model in three dimensions. The course will introduce the basic concepts of conformal field theories from a modern viewpoint and discuss the main techniques; this will complement the current offer of the LM-Physics, allowing the students to gain fundamental knowledge that is nowadays important in a vast range of different research areas in physics. The program is the following: 1. Introduction and motivation. 2. Classical aspects of the conformal group. 3. Renormalization group; scale invariance and conformal invariance. 4. Conformal transformations; consequences of conformal invariance in quantum field theories. 5. Primary fields and descendants. 6. Radial quantization; operator algebra; state-operator correspondence. 7. The operator product expansion; correlators. 8. Conformal blocks; Ward identities. 9. Conformal invariance in two dimensions; stress tensor; Virasoro algebra. 10. OPE with the stress tensor; central charge. 11. Free scalars and free fermions. 12. Minimal models; Verma modules; the 2d Ising model. 13. Anomalies; modular invariance. 14. Recent results on CFT in $d > 2$.

Modalità di esame:

Esame orale eventualmente supportato da verifiche scritte.

Criteri di valutazione:

Livello di comprensione dei concetti teorici presentati durante il corso.

Testi di riferimento:
CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Dispense fornite dal docente

BIOLOGICAL PHYSICS

Titolare: Prof. FULVIO BALDOVIN

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Comprensione di base della termodinamica e della meccanica statistica; elementi di base della teoria della probabilità. Qualche conoscenza di idrodinamica. Il materiale didattico, le lezioni, e gli esami saranno in inglese.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Grazie alle odierne tecniche di micro e nanomanipolazione, la moderna biologia molecolare offre un perfetto ambito per la fisica dei sistemi complessi su scala nanometrica. Le conoscenze e le competenze da acquisire includono: 1) Panoramica della struttura cellulare. 2) Capacità di sviluppare una descrizione quantitativa di come il moto browniano sovrasmorzato delle molecole in acqua limiti la permeabilità e il metabolismo cellulare, e il potenziale elettrico di membrana. 3) Come applicare la modellizzazione idrodinamica al movimento cellulare, alle reti vascolari, alla replicazione del DNA. 4) Comprensione dell'azione delle forze entropiche di origine sia meccanica che chimica nella regolazione dei processi cellulari. 5) Applicazione di modelli statistici alle conformazioni polimeriche. 6) Capacità di interpretare e dedurre misure microscopiche da risultati sperimentali di manipolazioni di singola molecola eseguite con pinzette ottiche. 7) Principi fondamentali di funzionamento degli enzimi e delle macchine molecolari. 8) Modellizzazione quantitativa dei meccanismi di pompaggio ionico e di generazione degli impulsi nervosi.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezione classica attraverso l'uso del tablet, proiezioni di video e figure. Casi di studio per favorire la discussione e la riflessione critica in aula.

Contenuti:

Richiami di Fisica, Chimica e Termodinamica di base applicati alla Biologia. Panoramica sulla struttura cellulare. Moto Browniano, Diffusione e Dissipazione. Meccanica a bassi numeri di Reynolds. Entropia, temperatura, energia libera. Forze entropiche. Transizione cooperative in macromolecole. Enzimi e macchine molecolari. Il potenziale di membrana, il pompaggio sodio-potassio, e impulsi nervosi

Modalità di esame:

L'esame comporta di due parti: una prova scritta basata su una lista di esercizi consegnata durante le lezioni (è consentita la consultazione del testo e delle note sulle lezioni); una prova orale sugli argomenti del corso e, opzionalmente, su un ulteriore argomento scelto dallo studente.

Criteri di valutazione:

I criteri utilizzati per verificare le conoscenze e le competenze acquisite sono: 1) comprensione degli argomenti trattati; 2) uso di un preciso gergo scientifico; 3) capacità di collegare e sintetizzare le conoscenze acquisite; 4) analisi dimensionale; 5) capacità di manipolazione analitica e numerica.

Testi di riferimento:

Nelson, Philip, Biological physics energy, information, life. New York: W. H. Freeman, 2014

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense e note delle lezioni messe a disposizione attraverso la piattaforma e-learning.

COMPUTATIONAL METHODS IN MATERIAL SCIENCE

Titolare: Prof. FRANCESCO ANCILOTTO

Mutuato da: Laurea magistrale in Materials Science (Ord. 2023)

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 verterà 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:

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 R. LeSar, Introduction to Computational Materials Science. Cambridge: Cambridge University Press, 2013

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense e copie di diapositive fornite dai docenti. Il materiale didattico verterà 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. 2024)

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 Materials Science (Ord. 2023)

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, nella catalisi 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. 2) Introduction to NanoPhysics (LM in PHYSICS) Il corso prevede lezioni frontali e sono anche previste esercitazioni di laboratorio come applicazione dei contenuti visti a lezione (sintesi, caratterizzazione ottica e simulazione con la teoria di Mie di nanoparticelle metalliche in soluzione e loro caratterizzazione con microscopia elettronica).

Contenuti:

1) LM in MATERIALS SCIENCE (8 CFU): MOD. A + B + C 2) LM in PHYSICS (6 CFU): MOD. A + D 3) LM in MATERIALS ENGINEERING (6 CFU): MOD. A + B *** MODULO A (4 CFU: comune per LM in MATERIALS SCIENCE / PHYSICS / MATERIALS ENGINEERING) - 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. *** MODULO B (2 CFU: LM in MATERIALS SCIENCE / MATERIALS ENGINEERING) - 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-Blodgett. Interfacce coerenti, semi-coerenti, epitassiali e pseudomorfe. Metodi per crescita di films ultrasottili: CVD, MBE, PVD, ALE e PLD. *** MODULO C (2 CFU: LM in MATERIALS SCIENCE) - 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. *** MODULO D (2 CFU: LM in PHYSICS) - 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 (8 CFU, LM in MATERIALS SCIENCE) 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 (6 CFU, 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. 3) Fundamentals of NanoScience (6 CFU, LM in MATERIALS ENGINEERING) L'esame consiste in una prova scritta (durata 2 ore) che prevede una domanda aperta e una serie di quiz a risposta multipla.

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 di laboratorio.

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

INTRODUCTION TO QUANTUM HARDWARE

Titolare: Prof.ssa CATERINA BRAGGIO

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Conoscenze e abilità da acquisire:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Contenuti:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Modalità di esame:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Criteri di valutazione:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

INTRODUCTION TO REASERCH

Titolare: Prof.ssa CINZIA SADA

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: ; 6,00

MATHEMATICAL PHYSICS

Titolare: Prof. ANTONIO PONNO

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Nessun prerequisito

Conoscenze e abilità da acquisire:

Scopo del corso e' quello di fornire agli studenti gli strumenti necessari a risolvere problemi specifici sia con mezzi analitici che con l'uso del computer.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni alla lavagna: teoria ed esercizi.

Contenuti:

1) Equazioni differenziali ordinarie. Campi vettoriali, flussi, integrali primi e varietà invarianti. Equilibri, stabilità e linearizzazione; stabilità lineare vs. non lineare. Varietà stabile, instabile e centro. Campi vettoriali dipendenti da parametri: teoria delle biforcazioni. Perdita di stabilità asintotica tipica e riduzione a varietà centro a bassa dimensionalità. Le mappe iterate come sistemi dinamici a tempo discreto. La connessione con le EDO: l'integrazione numerica e gli algoritmi. Analogia con i concetti relativi alle EDO: equilibri, stabilità, comportamento asintotico. 2) Sistemi 1D: ritratto di fase e biforcazioni. Sistemi 2D. Cicli limite, teorema di Poincaré-Bendixson. Sistemi 3D non riducibili. Il modello di Lorenz. Fenomenologia e caratterizzazione dei moti caotici. Esponenti di Lyapunov e attrattori strani. Caratterizzazione statistica dei moti limitati regolari, cenni di teoria ergodica. Mappe 1D non monotone: moti caotici in sistemi semplici. Mappa a tenda e mappa logistica. 3) Fenomenologia della turbolenza. Lo scenario quasi-periodico di Landau-Hopf. Stabilità strutturale: il teorema di Ruelle-Takens e l'esistenza generica di attrattori strani. La connessione con l'idrodinamica "reale": il problema di Rayleigh-Benard (fluido riscaldato da sotto). Meccanismi "tipici" dell'approccio alla turbolenza.

Modalità di esame:

Esame scritto, con la possibilità alternativa di lavorare su un progetto autonomo, anche in piccoli gruppi.

Criteri di valutazione:

Si valuteranno autonomia e competenza nel risolvere problemi specifici.

Testi di riferimento:

S.H. Strogatz, Nonlinear Dynamics and Chaos. : Westview Press, 2015 S. Sternberg, Dynamical Systems. : Dover, 2010 P.G. Drazin, Nonlinear Systems. : Cambridge University Press, 1992 M. Cencini, F. Cecconi and A. Vulpiani, Chaos. From Simple Models to Complex systems. : World Scientific, 2010

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense del docente e alcuni testi di riferimento.

MODELS OF THEORETICAL PHYSICS

Titolare: Prof. SANDRO AZAELE

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/a studente sarà in grado di descrivere e spiegare come la fisica teorica possa contribuire a comprendere i fenomeni in una varietà di campi che vanno da argomenti "classici" come diffusione, meccanica quantistica e, più in generale, a quelli della fisica dei sistemi complessi. Lo/a studente sarà in grado di mettere in relazioni argomenti diversi utilizzando un approccio matematico unificato, dove il concetto di universalità avrà un ruolo importante. Per acquisire queste competenze, il corso tratterà una serie di sistemi fisici paradigmatici che hanno segnato l'evoluzione della fisica teorica nel secolo scorso, comprese le sfide più recenti poste dai sistemi disordinati. La modellizzazione matematica e la relativa soluzione per ogni problema fisico proposto saranno descritte in dettaglio usando potenti tecniche matematiche. Verranno sistematicamente evidenziati gli aspetti generali delle tecniche matematiche che consentiranno allo/a studente di formulare e risolvere semplici problemi, anche al di fuori della fisica. Lo/a studente dovrà prima familiarizzarsi con gli strumenti matematici di base necessari per affrontare la maggior parte dei temi di nostro interesse. Nella seconda parte del corso imparerà a utilizzare i processi stocastici, applicandoli a diversi scenari e problemi specifici. Utilizzerà vari metodi per riconoscere le proprietà emergenti e quelle universali. Infine imparerà a selezionare la metodologia avanzata più adatta alla soluzione di uno specifico problema che coinvolga sistemi non omogenei / disordinati semplici.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezione 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 Cammini aleatori e loro funzione generatrice, teoria dei campi gaussiana e corrispondente teoria di campo di oscillatori armonici accoppiati. Legge di azione di massa. Instabilità provocate da fenomeni diffusivi ed emergenza di pattern di Turing. Processi stocastici e integrali di percorso. Introduzione alle equazioni differenziali stocastiche e cenni di calcolo stocastico. Equazione di Langevin ed equazione Fokker-Planck (proprietà e soluzioni in casi semplici). Particella in un bagno termico. Processi di Markov discreti e Master equation. Cammini di Levy. Diffusione generalizzata. La formula di Feynman-Kac. Integrali del percorso di Feynman e versione quantistica della formula di Feynman-Kac. Meccanica quantistica (modello risolvibile: particella libera, oscillatore armonico) Metodi non perturbativi: istantoni. Introduzione alla teoria delle matrici random. Fisica statistica dei sistemi di spin casuali. Modello di Sherrington-Kirkpatrick. Trucco delle repliche.

Modalità di esame:

Le conoscenze acquisite verranno valutate attraverso delle prove scritte periodiche, oppure attraverso una prova scritta finale.

Criteri di valutazione:

Conoscenza critica degli argomenti del corso. Capacità di presentare il materiale studiato e applicarlo a casi semplici, possibilmente diversi da quelli discussi in aula. Completezza delle conoscenze acquisite e proprietà di linguaggio.

Testi di riferimento:

Nishimori, Hidetoshi, Statistical physics of spin glasses and information processing: an introduction. Oxford: Oxford University Press, 2001
Chaichian and Demichev, Path Integrals in Physics. Stochastic Processes and Quantum Mechanics. UK: Institute of Physics Publishing Bristol and Philad, 2001
Gardiner, Crispin, Stochastic methods. Berlin: Springer, 2009

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Note di lezione su Moodle

PHYSICS LABORATORY

Titolare: Prof. FRANCESCO RECCHIA

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

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 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 INFORMATION WITH ATOMS AND PHOTONS

Titolare: Dott. PIETRO SILVI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Fondamenti di Meccanica Quantistica Struttura della Materia

Conoscenze e abilità da acquisire:

Comprensione e assimilazione dei contenuti del corso, e in particolare metodi per la informazione quantistica con atomi.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni in classe alla lavagna.

Contenuti:

> Concetti e Metodi: Elementi di fondamenti di meccanica quantistica e teoria delle perturbazioni Elementi di interazione luce-materia, accoppiamento Rabi e Raman Elementi di ottica quantistica, tecniche di quantizzazione Atomi alcalini (e ioni del secondo gruppo) Atomi alcalino-terrosi Equazione di Lindblad e applicazioni fondamentali Realizzazione di Hamiltoniane dipendenti dal tempo > Piattaforme Atomiche: Introduzione ai reticoli ottici Il modello tight-binding, orbitali di Wannier Interazione di Hubbard, modelli di Hubbard di fermioni e bosoni Fisica emergente dei modelli di Hubbard Introduzione a trappole di ioni Fononi nelle trappole di ioni, controllo a sidebands, modello di Jaynes-Cummings interazioni collettive in trappole di ioni (Mølmer-Sørensen gate) Introduzione alle pinze ottiche Teoria degli atomi di Rydberg, interazioni, Rydberg dressing. Introduzione alle cavità ottiche accoppiate agli atomi. Applicazioni. > Sistemi atomici correlati e simulazione quantistica Introduzione alla simulazione quantistica con gli atomi Simulatori quantistici analogici di fermioni e bosoni Simulazione quantistica con campi di gauge classici (Hofstadter) e dinamici (lattice gauge theories) Simulatori quantistici variazionali.

Modalità di esame:

Gli studenti selezioneranno un problema da risolvere a casa, da soli o in piccoli gruppi. Consegneranno un testo scritto contenente la loro soluzione almeno un giorno prima dell'esame orale. L'esame orale consisterà in: 10 minuti di presentazione del problema scelto 5 minuti di domande relative al problema 15 minuti di domande relative all'intero programma

Criteri di valutazione:

Conoscenza e assimilazione dei contenuti del corso. Capacità di applicare i metodi appresi a problemi veri.

Testi di riferimento:

Gardiner, Zoller, The Quantum World of Ultra-Cold Atoms and Light Book II: The Physics of Quantum-Optical Devices. : Imperial College Press, 2015

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Appunti utili: Daniel Steck - Quantum and Atom Optics <http://atomoptics.uoregon.edu/~dsteck/teaching/quantum-optics/quantum-optics-notes.pdf> Mikhail Lukin - Modern Atomic and Optical Physics II https://lukin.physics.harvard.edu/files/lukin/files/physics_285b_lecture_notes.pdf

SOFT-SKILLS AND RESEARCH PROJECT MANAGEMENT

Titolare: Prof.ssa CINZIA SADA

Periodo: I anno, annuale

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: ; 2,00

SOLID STATE PHYSICS

Titolare: Prof. FRANCESCO ANCILOTTO

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenze di elementi di Meccanica Quantistica di base Conoscenze di elementi di Meccanica Statistica di base (funzioni di distribuzioni, ensemble

Canonico e gran Canonico, medie statistiche).

Conoscenze e abilità da acquisire:

Concetti fondamentali della fisica dei solidi e relazione tra le leggi microscopiche e le proprietà misurabili sperimentalmente. Capacità di risolvere problemi che coinvolgono le proprietà della materia condensata. Capacità di applicare a sistemi reali semplici modelli predittivi che incorporano proprietà della materia su scala microscopica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni in aula con uso di lavagna convenzionale e proiettore per trasparenze. Settimanalmente verranno proposti agli studenti dei problemi inerenti argomenti trattati a lezione nei giorni immediatamente precedenti, da risolvere per conto proprio.

Contenuti:

Legami chimici nei solidi; La struttura dei cristalli; Reticoli di Bravais e basi; Strutture cristalline semplici; Reticolo reciproco; Diffrazione da strutture periodiche e tecniche sperimentali; Leggi di Bragg e di Laue; Fattore di forma atomico e di struttura, Approssimazione adiabatica; Dinamica reticolare; Approssimazione armonica, Matrice Dinamica; Fononi; Catene lineari monoatomiche e diatomiche; Spettroscopia dei fononi; Proprietà termiche dei cristalli; Calore specifico reticolare; Effetti anarmonici: espansione termica, conducibilità termica degli isolanti; Elettroni "liberi"; Calore specifico elettronico; "Screening" elettrostatico in un gas di Fermi.; Teorema di Bloch; Struttura a bande; Approssimazione di elettroni "quasi liberi"; Approssimazione "tight binding"; Esempi di struttura a bande; Fenomeni di trasporto; Modello di Drude; Effetto Hall nei metalli; Modello semiclassico; Concetto di "buca"; Conducibilità elettrica e termica nei metalli; Legge di Wiedemann e Franz; Semiconduttori; Risonanza di ciclotrone; Portatori nei semiconduttori intrinseci ed estrinseci; "Drogaggio" e stati di drogante; Mobilità; Conducibilità elettrica nei semiconduttori; Effetto Hall nei semiconduttori; La superficie di Fermi nei metalli reali. La superconduttività.

Modalità di esame:

Esame orale sul programma svolto a lezione.

Criteri di valutazione:

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: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

Dopo aver completato il corso, lo studente dovrà essere in grado di comprendere i concetti di base e le tecniche avanzate utilizzate in meccanica statistica. In particolare lo studente dovrebbe 1) fornire un resoconto delle quantità rilevanti utilizzate per descrivere i sistemi macroscopici, i potenziali termodinamici e l'insieme. 2) Comprendere l'uso delle funzioni di partizione e la loro relazione con la termodinamica 3) Spiegare il concetto di transizioni di fase in modelli semplici così come la fisica dei sistemi vicino ai punti critici. 4) Capire il ruolo della dimensione e dell'intervallo di interazione nelle transizioni di fase 5) Applicare la teoria dello scaling e del gruppo di rinormalizzazione 6) Capire la forza e la limitazione dei modelli 7) Mostrare una capacità analitica per risolvere problemi rilevanti per la fisica statistica

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

I contenuti del programma, in sintesi, possono essere così divisi Termodinamica delle transizioni di fase. Punti critici, parametro d'ordine ed esponenti critici. Transizioni di fase e rottura spontanea di simmetria. Argomenti entropia-energia e definizione di dimensione critica inferiore. Modello di Ising. Tecniche di risoluzione esatta per modelli unidimensionali: matrice di trasferimento. Approssimazione di campo medio, principio variazionale. Formulazione funzionale del problema delle transizioni di fase e approssimazione di Landau. Funzioni di correlazione e funzioni di risposta. Scattering e funzioni di correlazione. Singolarità critiche. Relazioni di scala fra esponenti critici. Omogeneità e scaling di Kadanoff. Gruppo di rinormalizzazione nello spazio reale. Universality. Rottura spontanea di simmetria per simmetrie continue e teorema di Goldstone. Notare che alcuni argomenti possono variare di anno in anno

Modalità di esame:

La verifica delle conoscenze acquisite avviene attraverso una prova comune scritta con 1-2 esercizi da risolvere e 1-2 domande aperte su concetti di base. Queste ultime sono volte ad evidenziare le conoscenze, il lessico scientifico, la capacità di sintesi e di discussione critica acquisite durante il corso. La seconda parte dell'esame sarà invece orale e sarà basata su una discussione sui vari temi trattati e discussi a lezione.

Criteri di valutazione:

I criteri con cui verrà effettuata la verifica delle conoscenze e abilità acquisite sono: 1) comprensione degli argomenti trattati; 2) capacità critica di collegamento delle conoscenze acquisite; 3) completezza delle conoscenze acquisite; 4) capacità di sintesi; 5) proprietà 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 DELL'ANNA

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: Dott.ssa MARTA CARLI

Mutuato da: Laurea magistrale in Physics (Ord. 2024)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

Al termine del corso lo studente sarà in grado di: - spiegare e discutere riguardo le diverse prospettive teoriche utilizzate nella ricerca in didattica della fisica; - individuare, presentare e discutere in modo critico la letteratura che riguarda la ricerca in didattica della fisica. spiegare, discutere e collegare il ruolo della ricerca didattica all'insegnamento e apprendimento della fisica; - progettare, realizzare e valutare l'insegnamento su specifici argomenti di fisica sulla base dei risultati della ricerca didattica; - utilizzare un approccio inquiry-based nella didattica della fisica, anche attraverso l'uso delle nuove tecnologie.

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:

Principali strumenti e metodologie per l'insegnamento sviluppate nella ricerca in didattica della fisica e in storia della fisica, anche in riferimento allo specifico ruolo dell'insegnante, e ai nodi concettuali, epistemologici, linguistici e didattici nell'insegnamento e apprendimento 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 laboratorio nell'apprendimento della fisica: ruolo, metodologie ed esempi operativi di diversa impostazione e metodo. Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione nell'apprendimento della fisica: ruolo ed esempi operativi. 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. Applicazione delle metodologie e tecnologie didattiche alla preparazione di percorsi didattici e di esperienze didattiche in fisica relativamente agli argomenti previsti dalle indicazioni nazionali per il primo e secondo ciclo.

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 didattico al termine del corso su un argomento di fisica indicato dal docente (60%).

Criteri di valutazione:

Nei compiti consegnati durante il corso si valuta: (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 progetto didattico finale si valuta: (1) la presenza dei riferimenti alla letteratura rilevante per l'argomento trattato; (2) la giustificazione dell'approccio utilizzato nella progettazione didattica dell'argomento scelto facendo riferimento a quanto presentato nel corso e ai risultati della ricerca in didattica della fisica.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

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. MATTEO AMBROGIO PAOLO PIERNO

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. Dato il carattere avanzato del corso e la modalità di fruizione a gruppi è importante che il livello di preparazione della classe sia omogeneo. I prerequisiti riportati di seguito sono perciò da considerarsi indispensabili per affrontare in modo proficuo questo laboratorio. Se si dubita di padroneggiare tutti o una parte degli argomenti riportati la frequentazione di questo corso non potrà essere soddisfacente. In questo caso la partecipazione al corso è fortemente sconsigliata. In caso di dubbi, i docenti sono a disposizione per guidarvi nella scelta. - Elementi di base di statistica per analisi dati sperimentali (teoria degli errori, errori sistematici ed errori casuali, stima della varianza di una distribuzione di errori, funzioni di più variabili casuali, propagazione degli errori, covarianza e correlazione di grandezze fisiche affette da errore, verifica delle ipotesi, metodo dei minimi quadrati, metodo del chi-quadrato). - elementi di base di circuiti elettrici (leggi di Ohm e di Kirchoff, teoremi di Thevenin, reti lineari, analisi in frequenza di semplici circuiti come RC, RLC etc.) - strumentazione di base di laboratorio (uso del tester, oscilloscopio, generatore di funzioni, familiarità con semplici elementi circuitali come resistori, condensatori, induttori) - programmi per l'analisi dei dati (conoscenza di base di tecniche di analisi al computer con programmi come Origin, Excel, Root etc. tracciamento di grafici, fit lineari, eseguire operazioni su set di dati, salvataggio su cloud).

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. E' previsto che lo svolgimento dell'esperienza scelta possa proseguire nel modulo B dell'Advanced Physics Laboratory.

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 Moodle del corso.

ADVANCED TOPICS IN PHYSICS

Titolare: Prof. CONSTANTIN BACHAS

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Istituzioni di Fisica Teorica (Laurea Triennale) Fondamenti di Meccanica quantistica e statistica

Conoscenze e abilità da acquisire:

Comprendere le principali caratteristiche conformal field theory.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Saranno introdotte all'inizio del corso.

Contenuti:

Il corso darà tenuto dal prof. Costas Bachas The course Conformal field theory aims at giving a basic introduction to conformal field theories to students that have a basic knowledge of the principles of quantum field theory. Conformal theories play a crucial role in many areas of theoretical physics, from statistical mechanics, condensed matter, high-energy physics and quantum gravity. For example, long-distance correlation functions at a critical point have no intrinsic length-scale, and are thus constrained by conformal invariance. In recent years, new techniques have been developed to use the constraints from the conformal invariance to solve, either analytically or numerically, an important class of conformal field theories; an example is the Ising model in three dimensions. The course will introduce the basic concepts of conformal field theories from a modern viewpoint and discuss the main techniques; this will complement the current offer of the LM-Physics, allowing the students to gain fundamental knowledge that is nowadays important in a vast range of different research areas in physics. The program is the following: 1. Introduction and motivation. 2. Classical aspects of the conformal group. 3. Renormalization group; scale invariance and conformal invariance. 4. Conformal transformations; consequences of conformal invariance in quantum field theories. 5. Primary fields and descendants. 6. Radial quantization; operator algebra; state-operator correspondence. 7. The operator product expansion; correlators. 8. Conformal blocks; Ward identities. 9. Conformal invariance in two dimensions; stress tensor; Virasoro algebra. 10. OPE with the stress tensor; central charge. 11. Free scalars and free fermions. 12. Minimal models; Verma modules; the 2d Ising model. 13. Anomalies; modular invariance. 14. Recent results on CFT in $d > 2$.

Modalità di esame:

Esame orale eventualmente supportato da verifiche scritte.

Criteri di valutazione:

Livello di comprensione dei concetti teorici presentati durante il corso.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense fornite dal docente

APPLIED DIGITAL ELECTRONICS

Titolare: Prof. PIERO GIUBILATO

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

PART 1 - Devices (1 weeks) - Basic knowledge of device physics, diode and transistor, either BJT or MOS. - Principle of working of the diode and the transistor (BJT and MOS). Simplified physical model of the MOS transistor (implants, gate, oxide) and how this influences its performances (parasitic capacitance, power consumption, etc.) - Quick overview of some basic circuits using diodes and transistor for specific purposes (rectifier, voltage pump, etc...). - MOS transistor dynamic behavior, linear region, inversion region, saturation region, power consumption, speed, parasitics, etc. PART 2 - Digital logic building blocks (2 weeks) - Basic microelectronics manufacturing concepts (lithography, feature size, etc...). - Basic logic gates (NOT, AND, NAND, ...) and their realization with CMOS transistors. - Boolean algebra basics REVIEW (DeMorgan's theorems) and its applications to basic gates combinations. - More complex basic logic blocks: adder, multiplexer, parity checker, LUT. - Timing and power considerations in the realization of the basic

gates. - Memory elements basic blocks: mono-stable, bi-stable, S-R flip-flop, J-K flip-flop, D flip-flop and their properties. PART 3 - Digital systems (4 weeks) - Digital microelectronics basics: analog computers, noise margin, integration processes, microprocessors, Moore's law, the limit of scaling, analog/digital signal interface. - Different level of design (system, behavioural, RTL, gates, transistor, device, ...) and the associate languages/tools. - HDL languages and simulation tools of the trade: SPICE, what it is and how it works, ideal elements vs. real elements, MOS transistor basic model, example of IV curves for a MOS, response of an inverter and an operational amplifier. - Verilog language scope and basics, concept of synthesis and simulation code, modules encapsulation, timebase definitions, some elementary syntax and constructs (especially the synchronous blocks like always, etc.). - Synchronous systems: how to deal with large system by using a common time-base. The clock properties (frequency, jitter) and implications. Description of the clock network, examples on how to cross different clock domains. - Usage of memory elements to build a complete synchronous system. The reset procedure - Finite State Machines types, principle of operation, and building elements. FSM analytical description and basic coding in Verilog. - Actual memories type and use in computer and other logic: ROM, RAM, FLASH, EPROM, basic characteristics, behavior and device realization. - Clock synthesis elements: VCO, DCO, PLLs, architecture and usage. PART 4 - FPGA devices (3 weeks) - FPGA basic architecture: configuration RAM, switching matrix, CLB blocks, LUT and registers. How to synthesize arbitrary functions by using LTUs. - FPGA resources, usage of registers and counters. Implementation of simple state machines, connection of modules in a hierarchical structure. IO interfaces, serializers, deserializers, transceivers. - Implementation of simple synchronous circuits in FPGA through Verilog description. Definition of inputs, outputs, clock, and reset. - Usage of device primitive (MMCM) to synthesize high-frequency clocks within the device. Phase alignments of the clocks. Cross-domain clocks. - FIFO memories and their usage. - Slicing an operation in time to allow higher clock frequencies, latency and speed. - Timing verification, corner cases, setup and hold times. - Complex systems behavior and modelling, with special focus on radiation tolerance/resistance and mitigation techniques and topologies. - Failure rate estimation through Markov Chains, protection schemes and their effectiveness, practical implem

Modalità di esame:

Oral exam

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

A. Laicata, Circuiti elettronici. : , 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. MARCO PELOSO

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Gli argomenti insegnati nel corso "Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali (sia MOD. A che MOD. B)" nel primo semestre sono prerequisiti per questo corso.

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 nel corso delle lezioni, gli strumenti che abbiamo sviluppato investigando la Natura alle più piccole scale di lunghezza osservabili ci hanno permesso di arrivare a una descrizione coerente dell'Universo dove i costituenti fondamentali sono i barioni, la materia oscura e l'energia oscura, integrati da condizioni iniziali determinate da una prima epoca di inflazione. Questo insegnamento permetterà di acquisire la conoscenza di varie tappe fondamentali dell'evoluzione dell'universo primordiale, delle scale di energia coinvolta, e della fisica particellare rilevante in ciascuna di esse. Questa conoscenza porta a domande via via più approfondite, molte delle quali sono ancora senza risposta. Lo scopo di questo insegnamento è quello di rendere gli studenti consapevoli di tali problemi, rivedere le soluzioni più comuni e potenzialmente discutere nuove idee adatte per un progetto di tesi di laurea magistrale.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni alla lavagna.

Contenuti:

1) Modello cosmologico standard 2) Fisica delle particelle nell'Universo primordiale 3) Universo inflazionario: motivazioni e fenomenologia 4) Reheating 5) Asimmetria materia/antimateria: bariogenesi e leptogenesi 6) Evidenze osservative per la materia oscura 6) Candidati di materia oscura e meccanismi di produzione 7) Ricerche dirette ed indirette di materia oscura 8) Modelli di energia oscura e quintessenza

Modalità di esame:

Quiz scritto con domande a risposta multipla per l'ammissione all'esame orale, e poi esame orale.

Criteri di valutazione:

Il quiz scritto a scelta multipla stabilirà una soglia inferiore per l'ammissione all'orale. L'esame orale stabilirà il grado di comprensione del materiale trattato a lezione e la capacità di esporlo in modo logico e coerente.

Testi di riferimento:

Liddle, Andrew; Liddle, Andrew, introduction to modern cosmology. Chichester: Wiley, 2015 Kolb, Edward W.; Turner, Michael; Kolb, Edward W., early universe. New York: Westview Press, 1994 Rubakov, Valery; Gorbunov, Dmitry S.; Rubakov, Valery, Introduction to the theory of the early universe hot Big Bang theory. New Jersey: World Scientific, 2018 Profumo, Stefano; Profumo, Stefano, introduction to particle dark matter. New Jersey: World Scientific, 2017

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Gli appunti delle lezioni verranno caricati sulla pagina Moodle del corso.

GENERAL RELATIVITY

Titolare: Prof. STEFANO MASSAI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

THEORETICAL PHYSICS OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso fornisce un'introduzione alla teoria della Relatività Generale e alle sue implicazioni più importanti. 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 + esercizi.

Contenuti:

Parte 1 Riassunto di Relatività Ristretta (SR). Il Principio di Equivalenza di Einstein e le sue immediate conseguenze nel regime newtoniano. Lo spazio-tempo di Rindler: dilatazione del tempo, redshift e orizzonti degli eventi. Dal Principio di Equivalenza agli spazi-tempo curvi. Introduzione alle varietà differenziabili (Esempi: S^2 , S^n , dS_n), campi tensoriali e forme differenziali. Il tensore metrico; vielbein e local inertial frames. Esempi fisicamente rilevanti. Parte 2 Principio di azione stazionaria per particelle massive e a massa nulla. Equazioni del moto in uno spazio-tempo curvo; parametro affine e tempo proprio. Derivate covarianti e connessioni; connessione di Levi-Civita. Derivata covariante lungo una curva e trasporto parallelo. Geodetiche e quadri-accelerazione. Limite newtoniano dell'azione. Applicazione all'universo in espansione: redshift gravitazionale. Curvatura e coordinate "normali". Proprietà del tensore di Riemann. Parte 3 Lagrangiana dei campi in spazio-tempo curvo. Integrazione su spazi-tempo curvi. Azione di Einstein-Hilbert e sua variazione. Tensore energia-impulso ed equazioni di Einstein. Tensore energia-impulso della particella puntiforme. Fluidi perfetti, fluidi perfetti di particelle, caso non relativistico e ultra-relativistico. Costante cosmologica come fluido perfetto. Applicazioni; equazioni di Friedmann. Fisica nell'approssimazione di campo debole e matching newtoniano. Parte 4 Linearizzazione delle equazioni di Einstein. Gauge di De Donder. Gauge trasversale a traccia nulla (TT). Polarizzazioni spin 2 di un'onda gravitazionale piana. Effetti fisici delle onde gravitazionali. Fluttuazione della distanza fisica tra punti statici vicini: interpretazione delle polarizzazioni "plus" e "cross". Parte 5 Vielbein, spin connection, torsione e curvatura. Derivazione della soluzione di Schwarzschild. Diffeomorfismi, simmetrie, derivate di Lie, equazione di Killing e vettori di Killing. Generatori delle trasformazioni di Poincaré e rotazioni spaziali. Spazio-tempo statici e stazionari. Quantità conservate delle particelle in caduta libera. Redshift gravitazionale in spazi-tempo stazionari. Spazi massimamente simmetrici. Traiettorie di particelle in Schwarzschild (fuori dall'orizzonte). Leggi di Keplero e relatività generale. Precessione del perielio. Deflessione della luce. Ritardo temporale di Shapiro. Parte 6 Esplorare l'interno del buco nero: coordinata radiale "tortoise" e coordinate di Eddington-Finkelstein entranti/uscenti. Singularità di buchi neri e bianchi. Coordinate di Kruskal e soluzione di Schwarzschild massimamente estesa. Wormholes. Struttura causale globale. Compatteficazioni conformi e diagrammi di Carter-Penrose dello spaziotempo di Minkowski, soluzione di Schwarzschild e sue estensioni. Orizzonte degli eventi e degli osservatori. Singularità nude e spazi-tempo globalmente iperbolici. Parte 7 Orizzonti di Killing e gravità superficiale. Calcolo della gravità superficiale di un buco nero di Schwarzschild. Temperatura ed entropia di un buco nero dall'equilibrio termico. Operatore Hodge-star. Soluzione di Reissner-Nordström. Buchi neri carichi super-, sub- ed estremamente carichi. Geometria del vicino-orizzonte e soluzione $AdS_2 \times S^2$. Soluzione a multi-centro. Decadimento dei buchi neri estremali e la congettura di gravità debole. Buchi neri di Kerr rotanti. Orizzonti e diagramma di Carter-Penrose di un buco nero di Kerr subestremale. Singularità ad anello e curve chiuse temporalmente. Ergosfera e processo di Penrose. Termodinamica dei buchi neri. Trascinamento dei sistemi di riferimento locali riferimento.

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

Zee, Anthony, Einstein gravity in a nutshell. Princeton: Princeton University Press, 2013 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 Hartle, James B., Gravity an introduction to Einstein's general relativity. Harlow: Pearson education limited, 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

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 QUANTUM HARDWARE

Titolare: Prof.ssa CATERINA BRAGGIO

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Conoscenze e abilità da acquisire:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Contenuti:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Modalità di esame:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Criteri di valutazione:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Si faccia riferimento alla corrispondente sezione in inglese

INTRODUCTION TO RADIATION DETECTORS

Titolare: Prof. ALBERTO GARFAGNINI

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 limitati, 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. Berlin: Springer, Kolanoski, Hermann and Vermes, Norbert, Particle Detectors: Fundamentals and Applications. Oxford: Oxford University Press, 2020

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: ; 6,00

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; 6,00

Prerequisiti:

Il corso è indirizzato a studenti con competenze di base sulla teoria della relatività ristretta, sulla fisica delle particelle elementari e delle loro interazioni e sulla fisica nucleare. Alcune lezioni iniziali saranno dedicate ad una panoramica delle conoscenze di base necessarie alla comprensione dei contenuti del corso.

Conoscenze e abilità da acquisire:

1. Giudicare criticamente diversi ambienti astrofisici quali target di interazioni di astroparticelle 2. Distinguere diverse classi di dati sperimentali: segnale e rumore 3. Valutare qualitativamente e quantitativamente le diverse metodologie per la rivelazione di messaggeri cosmici 4. Giudicare con senso critico se i risultati sperimentali sono in accordo o meno con diverse interpretazioni teoriche 5. Criticare i risultati sperimentali in termini di incertezze irriducibili ed ambiguità nella interpretazione teorica 6. Formulare le domande irrisolte della ricerca di frontiera 7. Predire potenziali sviluppi futuri Nel caso di seminari volontari: 8. Identificare la base dei concetti teorici, delle metodologie e dei risultati di articoli di ricerca 9. Comunicare i risultati di ricerca di frontiera

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Le attività prevedono ore di lezione in aula su supporto informatico, con utilizzo di trasparenze. Alcune lezioni saranno integrate da materiale audio-visivo. Durante il corso verranno proposti alcuni calcoli ed esercizi da risolvere durante le ore di studio individuale. La soluzione dei quesiti verrà proposta in classe con il supporto informatico o mediante l'uso di una tavoletta grafica. All'inizio del corso saranno inoltre proposte attività seminariali condotte dalle studentesse e dagli gli studenti, da prepararsi individualmente o in gruppo. I seminari saranno presentati in classe ed integrati con le lezioni allo scopo di stimolare la discussione tra pari. Le lezioni e i seminari sono tenuti in inglese.

Contenuti:

Basi del Modello Standard delle particelle elementari. Interazione di astroparticelle in atmosfera terrestre ed in ambienti astrofisici. Metodi di rivelazione di radiazione e di particelle alle alte energie. Simulazione Monte Carlo dello sviluppo di sciami elettromagnetici ed adronici in atmosfera terrestre. Propagazione di raggi cosmici nella Via Lattea e nello spazio intergalattico. Proprietà dei raggi cosmici alle energie più estreme. Meccanismi di Fermi di accelerazione dei raggi cosmici e segnali multi-messenger. Sorgenti astrofisiche potenzialmente responsabili dell'emissione dei raggi cosmici. Basi di modellizzazione dell'emissione multi-messenger di sorgenti astrofisiche. Astrofisica dei neutrini di alte energie. Onde Gravitazionali. Ricerca indiretta della Materia Oscura.

Modalità di esame:

La verifica delle conoscenze e delle abilità attese viene effettuata mediante una prova d'esame orale. Gli eventuali seminari che le studentesse e gli studenti presenteranno su base volontaria durante il corso non saranno oggetto di valutazione.

Criteri di valutazione:

I criteri di valutazione delle conoscenze e delle abilità acquisite sono: 1. Completezza delle conoscenze acquisite 2. Capacità di descrivere i principali risultati sperimentali e concetti teorici acquisiti 3. Capacità di coerenza tra i risultati sperimentali presentati e la loro interpretazione 4. Abilità di identificare e descrivere correttamente i limiti raggiunti nei risultati sperimentali e nella loro interpretazione 5. Abilità di identificare e giudicare le prospettive di avanzamento future 6. Proprietà della terminologia utilizzata

Testi di riferimento:

Perkins, Donald H.; Perkins,Donald H., Particle astrophysics. Oxford: Oxford University Press, 2009 Spurio, Maurizio, Probes of multimessenger astrophysics charged cosmic rays, neutrinos, γ -rays and gravitational waves. Cham: Springer International Publishing, 2018 De_Angelis, Alessandro; Pimenta, Mário João Martins; De_Angelis,Alessandro, Introduction to particle and astroparticle physics multimessenger astronomy and its particle physics foundations. Cham: Springer, 2018

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

La docente metterà a disposizione ampio materiale di approfondimento nella forma di articoli di ricerca scientifica e di review su varie tematiche attuali di ricerca inerenti ai contenuti del corso. Tutto il materiale didattico presentato durante le lezioni e le esercitazioni viene messo a disposizione degli studenti attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://stem.elearning.unipd.it/>). I testi di riferimento possono essere consultati presso la Biblioteca del Dipartimento di Fisica e Astronomia.

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 sui concetti chiave dell'astrofisica nucleare. Gli studenti acquisiranno le competenze per illustrare il funzionamento della nucleosintesi stellare e nel big bang. Da un punto di vista sperimentale riusciranno ad interpretare correttamente le scelte sperimentali fatte nei vari setup attivi nei laboratori di tutto il mondo. Potranno comparare diverse scelte sperimentali e sviluppare in modo creativo scelte proprie. Acquisiranno concetti pratici di analisi dati e la capacità di valutarne l'impatto nei network di evoluzione stellare.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Sono previste tutte lezioni in aula. Durante le lezioni saranno inframezzati momenti di lezione frontale con momenti di riflessione con task da svolgere in gruppo e successiva discussione dei contenuti affrontati da ogni singolo gruppo di lavoro.

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, *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 a scelta basato su uno degli articoli di rassegna su diversi argomenti proposti dai docenti.

Criteri di valutazione:

Buon dominio dei principali argomenti del corso.

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

PHYSICS LABORATORY

Titolare: Prof. FRANCESCO RECCHIA

Periodo: l'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 è di addestrare all'uso di strumentazione per esperimenti di Fisica delle Interazioni fondamentali, Materia 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. LUCA MARTUCCI

Periodo: l'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 dei campi.

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 1pI 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:

Esame orale con domande generali sugli argomenti del corso, incluse le derivazioni dei risultati principali e la soluzione di semplici problemi.

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 S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields. Vol I. : Cambridge University Press, 2005 Srednicki, Mark A., Quantum field theory. Cambridge: Cambridge university press, 2007 L. Brown, Quantum Field Theory. : Cambridge University Press, M. D. Schwartz, Quantum Field Theory and the Standard Model. : Cambridge University Press,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Libri consigliati: M. Srednicki, "Quantum Field Theory", Cambridge University Press Altri libri: L. Brown, "Quantum Field Theory", Cambridge University Press S. Weinberg, "The Quantum Theory of Fields", vol I and II, Cambridge University Press M. E. Peskin and D. V. Schroeder, "An Introduction to Quantum Field Theory", Addison Wesley M. D. Schwartz, "Quantum Field Theory and the Standard Model", Cambridge University Press Pierre Ramond, "Field Theory: A Modern Primer", Addison-Wesley A. Zee, "Quantum Field Theory in a Nutshell", Princeton University Press, (+many others) Online lecture notes (Rattazzi, Serone, Skinner, Weigand, ...)

QUANTUM INFORMATION WITH ATOMS AND PHOTONS

Titolare: Dott. PIETRO SILVI

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Fondamenti di Meccanica Quantistica Struttura della Materia

Conoscenze e abilità da acquisire:

Comprensione e assimilazione dei contenuti del corso, e in particolare metodi per la informazione quantistica con atomi.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni in classe alla lavagna.

Contenuti:

> Concetti e Metodi: Elementi di fondamenti di meccanica quantistica e teoria delle perturbazioni Elementi di interazione luce-materia, accoppiamento Rabi e Raman Elementi di ottica quantistica, tecniche di quantizzazione Atomi alcalini (e ioni del secondo gruppo) Atomi alcalino-terrosi Equazione di Lindblad e applicazioni fondamentali Realizzazione di Hamiltoniane dipendenti dal tempo > Piattaforme Atomiche: Introduzione ai reticoli ottici Il modello tight-binding, orbitali di Wannier Interazione di Hubbard, modelli di Hubbard di fermioni e bosoni Fisica emergente dei modelli di Hubbard Introduzione a trappole di ioni Fononi nelle trappole di ioni, controllo a sidebands, modello di Jaynes-Cummings interazioni collettive in trappole di ioni (Mølmer-Sørensen gate) Introduzione alle pinze ottiche Teoria degli atomi di Rydberg, interazioni, Rydberg dressing. Introduzione alle cavità ottiche accoppiate agli atomi. Applicazioni. > Sistemi atomici correlati e simulazione quantistica Introduzione alla simulazione quantistica con gli atomi Simulatori quantistici analogici di fermioni e bosoni Simulazione quantistica con campi di gauge classici (Hofstadter) e dinamici (lattice gauge theories) Simulatori quantistici variazionali.

Modalità di esame:

Gli studenti selezioneranno un problema da risolvere a casa, da soli o in piccoli gruppi. Consegneranno un testo scritto contenente la loro soluzione almeno un giorno prima dell'esame orale. L'esame orale consisterà in: 10 minuti di presentazione del problema scelto 5 minuti di domande relative al problema 15 minuti di domande relative all'intero programma

Criteri di valutazione:

Conoscenza e assimilazione dei contenuti del corso. Capacità di applicare i metodi appresi a problemi veri.

Testi di riferimento:

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Appunti utili: Daniel Steck - Quantum and Atom Optics <http://atomoptics.uoregon.edu/~dsteck/teaching/quantum-optics/quantum-optics-notes.pdf> Mikhail Lukin - Modern Atomic and Optical Physics II https://lucin.physics.harvard.edu/files/lucin/files/physics_285b_lecture_notes.pdf

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.

SOFT-SKILLS AND RESEARCH PROJECT MANAGEMENT

Titolare: Prof.ssa CINZIA SADA

Periodo: I anno, annuale

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: ; 2,00

STANDARD MODEL

Titolare: Prof.ssa RAMONA GROEBER

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

1.) Conoscenze teoriche del Modello Standard della fisica delle particelle: Acquisizione di una solida comprensione delle particelle fondamentali (quali quark, leptoni e bosoni di gauge) e delle interazioni fondamentali descritte dal Modello Standard. Comprensione dei concetti di simmetria cruciali per il Modello Standard. 2.) Capacità di applicare la teoria della renormalizzazione: Sviluppo delle competenze necessarie per applicare i metodi di renormalizzazione alle teorie di campo quantistiche, essenziali per trattare le divergenze e per fare previsioni fisiche precise. 3.) Abilità nell'uso di strumenti matematici avanzati: Miglioramento nella manipolazione di strumenti matematici complessi usati nella fisica teorica nelle teorie di campi quantistici. 4.) Competenze analitiche nel calcolo di ampiezze di scattering e sezioni d'urto: Sviluppo dell'abilità nel calcolare le ampiezze di scattering e le sezioni d'urto nelle interazioni particella-particella, fondamentali per gli esperimenti di fisica delle particelle. 5.) Capacità di interpretare i risultati degli esperimenti nel contesto del Modello Standard: Acquisizione delle competenze per analizzare e interpretare i dati sperimentali provenienti dagli acceleratori di particelle e altri esperimenti di fisica delle particelle. 6.) Abilità nella critica e nella valutazione delle teorie esistenti: Sviluppo di un pensiero critico per valutare le limitazioni del Modello Standard e per discutere possibili estensioni o nuove teorie.

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. Simmetrie e la loro importanza. Simmetrie accidentali. 2.) Rinormalizzazione: grado superficiale di divergenza, regolarizzazione dimensionale e schemi di rinormalizzazione. Auto-energie dei campi fotonico e fermionico, correzione al vertice della QED. Simmetrie e renormalizzazione. Divergenze infrarosse e loro interpretazione fisica. Gruppo di renormalizzazione. 3.) Anomalie: correnti assiali e vettoriali in QED. Calcolo del decadimento del pione neutro in due fotoni. Identità di Ward. Anomalie ABJ nei casi abeliani e non abeliani. Anomalie nello SM. Simmetrie globali ed anomalie. 4.) Teorie effettive e loro rinormalizzazione. Running e matching. Matrice di dimensione anomala ed evoluzione dei coefficienti di Wilson con l'energia. Rinormalizzazione dell'operatore a quattro quarks di tipo $(V-A)_L(V-A)_L$ da interazioni di QCD. 5.) Fisica del collider: Teorema di equivalenza per i bosoni di Goldstone. LEP: EWPO a 1-loop e correzioni oblique. Simmetria custodiale, parametri ρ , S, T, U e $Z \rightarrow b\bar{b}$. LHC: Misure di precisione del modello standard al LHC. 6.) Fisica dell'Higgs: contesto storico con limiti teorici per la massa del bosone di Higgs (unitarietà, trivialità, stabilità del vuoto) e la scoperta. Meccanismi di produzione dell'Higgs e modi di decadimento. Calcolo dei tassi di decadimento dei processi $H \rightarrow \text{gluone gluone}$ e $H \rightarrow \text{gamma gamma}$. Determinazione dei accoppiamenti del Higgs. 7.) Fisica del flavor: Simmetrie chirali della QCD. Matrice della CKM. Processi di Flavor Changing Neutral Currents (FCNC) con violazione di una o due unità di flavor, $\Delta F = 1, 2$. Oscillazione mesone antimessone: meccanismo GIM. 8.) Limitazioni del modello standard: il settore di Higgs, la massa di neutrini.

Modalità di esame:

Esame orale. L'esame non verifica solo la parte teorica della lezione, ma testa concretamente anche la capacità dello studente di eseguire piccoli calcoli nel contesto del modello standard.

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:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Appunti dalle lezioni.

SUBNUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.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 delle interazioni fondamentali: elettromagnetiche, forti e deboli includendo il campo di Higgs. Fenomenologia di alcuni modelli oltre il modello standard che descrivono la fisica dei neutrini. Principali verifiche sperimentali dei modelli presentati.

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 al corso e riepilogo degli argomenti pre-requisiti Rivelatori per esperimenti di fisica delle particelle Interazioni elettromagnetiche, sezione d'urto $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ ed $e^+e^- \rightarrow hh$ Scattering anelastico profondo, funzioni di struttura partoniche, esistenza del gluone. QCD, partoni e getti e verifiche sperimentali Interazione debole e tests sperimentali Interazione elettrodebole e tests sperimentali Proprietà del bosone Higgs Matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa e tests sperimentali Violazione di CP e T nei quark pesanti. Fisica del neutrino e tests sperimentali

Modalità di esame:

L'esame si baserà su un compito assegnato in anticipo agli studenti. Sarà costituito da esercizi o domande aperte su argomenti tra quelli discussi durante le lezioni. Esame orale sarà costituito da una breve presentazione di un argomento (fenomenologia e parte sperimentale) riguardante il programma del corso e dalla discussione del compito. Durante la discussione possono essere poste domande sugli argomenti svolti durante le lezioni.

Criteri di valutazione:

Gli esercizi saranno valutati sulla base della correttezza e semplicità nell'esecuzione. La discussione e le 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, W. R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments. : Springer-Verlag,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Le lezioni saranno disponibili su Moodle.

TEACHING AND LEARNING PHYSICS

Titolare: Dott.ssa MARTA CARLI

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; - individuare, presentare e discutere in modo critico la letteratura che riguarda la ricerca in didattica della fisica. spiegare, discutere e collegare il ruolo della ricerca didattica all'insegnamento e apprendimento della fisica; - progettare, realizzare e valutare l'insegnamento su specifici argomenti di fisica sulla base dei risultati della ricerca didattica; - utilizzare un approccio inquiry-based nella didattica della fisica, anche attraverso l'uso delle nuove tecnologie.

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:

Principali strumenti e metodologie per l'insegnamento sviluppate nella ricerca in didattica della fisica e in storia della fisica, anche in riferimento allo specifico ruolo dell'insegnante, e ai nodi concettuali, epistemologici, linguistici e didattici nell'insegnamento e apprendimento 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 laboratorio nell'apprendimento della fisica: ruolo, metodologie ed esempi operativi di diversa impostazione e metodo. Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione nell'apprendimento della fisica: ruolo ed esempi operativi. 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. Applicazione delle metodologie e tecnologie didattiche alla preparazione di percorsi didattici e di esperienze didattiche in fisica relativamente agli argomenti previsti dalle indicazioni nazionali per il primo e secondo ciclo.

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 didattico al termine del corso su un argomento di fisica indicato dal docente (60%).

Criteri di valutazione:

Nei compiti consegnati durante il corso si valuta: (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 progetto didattico finale si valuta: (1) la presenza dei riferimenti alla letteratura rilevante per l'argomento trattato; (2) la giustificazione dell'approccio utilizzato nella progettazione didattica dell'argomento scelto facendo riferimento a quanto presentato nel corso e ai risultati della ricerca in didattica della fisica.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

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: Prof. PIERPAOLO MASTROLIA

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:

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:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

THEORETICAL PHYSICS OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS (MOD. B)

Titolare: Prof. PARIDE PARADISI

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. 8. Oscillazione dei neutrini.

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