



Bollettino Notiziario - A.A. 2021/2022

LAUREA MAGISTRALE IN PHYSICS (ORD. 2017)

Curriculum: Corsi comuni

FINAL EXAMINATION

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 41,00

Contenuti:

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

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

PREPARATORY ACTIVITIES FOR THE THESIS

Titolare: Prof.ssa CINZIA SADA

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: ; 1,00

Curriculum: NuPhys - Nuclear Physics

APPLICATIONS FOR THERAPY

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 96A; 12,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

COMMON ADVANCED COURSE

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

EXPERIMENTAL NUCLEAR PHYSICS AND ACCELERATORS

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

METROLOGY AND DATA ANALYSIS

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

THEORETICAL NUCLEAR, ATOMIC AND COLLISION PHYSICS

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: NuPhys - Nuclear Physics

Tipologie didattiche: 96A; 12,00

Prerequisiti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Conoscenze e abilità da acquisire:

CONTENUTO NON PRESENTE

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Contenuti:

CONTENUTO NON PRESENTE

Modalità di esame:

CONTENUTO NON PRESENTE

Criteri di valutazione:

CONTENUTO NON PRESENTE

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

CONTENUTO NON PRESENTE

ADVANCED OPTICS AND METROLOGY

Titolare: Prof. GIACOMO CIANI

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali con teoria ed esempi

Contenuti:

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

Modalità di esame:

Esame orale

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

ADVANCED PHYSICS LABORATORY B

Titolare: Prof. MARCO BAZZAN

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

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

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

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

Modalità di esame:

Relazione scritta ed esame orale.

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense dei relatori disponibili sul web.

BIOPHOTONICS

Titolare: Prof. FABIO MAMMANO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Fisica Biologica

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso ha come scopo quello di fornire conoscenze approfondite di Ottica di Fourier, microscopia in campo chiaro, generazione del contrasto, microscopia di fluorescenza convenzionale e confocale, super-risoluzione, trattamento digitale delle immagini, sonde molecolari e rilevazione di segnali cellulari. Il corso si propone specificamente di far acquisire allo studente la capacità di progettare esperimenti di microscopia ottica per una vasta gamma di potenziali applicazioni biologiche.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

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

Modalità di esame:

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale. Lo scritto prevede lo svolgimento di temi su argomenti sviluppati durante il corso. L'orale consiste nella presentazione da parte dello studente di uno o più articoli originali relativi a tecniche di super-risoluzione ottica.

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

Born M, Wolf E, Principles of Optics - 7th expanded edition. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1999 Mertz, J, Introduction to Optical Microscopy. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2019 Saleh B, Teich M, Fundamentals of Photonics, 2 Volume Set, 3rd Edition. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2019

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Appunti di lezione

FINAL EXAMINATION

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 41,00

Contenuti:

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

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

FUNDAMENTALS OF ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY

Titolare: Prof. SABINO MATARRESE

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Concetti fondamentali di meccanica quantistica e relatività speciale

Conoscenze e abilità da acquisire:

La capacità di affrontare una classe di fenomeni fisici e astronomici la cui comprensione richiede un approccio basato su strumenti largamente interdisciplinari. La capacità di passare dalla formulazione astratta di alcuni principi fisici acquisiti nei corsi fondamentali del triennio e di strumenti matematici alla loro applicazione in un contesto per molti aspetti diverso da quello dei corsi di base.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali

Contenuti:

Concetti fondamentali dell'astrofisica galattica ed extra-galattica • La Classificazione delle galassie • Proprietà statistiche della popolazione galattica • Gruppi e ammassi di galassie • Concetti fondamentali della Cosmologia • Componenti principali dell'Universo. Evidenza osservativa della presenza di materia oscura ed energia oscura. • Universo in espansione e Principio Cosmologico. • Elemento di linea di Robertson-Walker. Proprietà geometriche. • Costante di Hubble e parametro di decelerazione. • Definizioni di distanza in Cosmologia; redshift e legge di Hubble (trattazione approssimata a bassi redshift). • Deduzione Newtoniana delle equazioni di Friedmann e correzioni relativistiche. • Modelli di Friedmann. • La costante cosmologica: soluzione statica di Einstein e modello di de Sitter. • Soluzioni per il caso piatto e per Universi con curvatura non nulla. • Trattazione esatta della legge di Hubble. Storia termica e Universo primordiale • Densità numerica, densità di energia e pressione per un sistema di particelle in equilibrio termodinamico. • Conservazione dell'entropia in un volume comovente. • Relazione temperatura-tempo in epoche primordiali. • Problemi del modello standard: orizzonte, piattezza, etc.. • "Inflazione" nell'Universo primordiale. Soluzione del problema dell'orizzonte e della piattezza. • Cinematica e dinamica dell'inflazione: l'"inflaton". • Vecchia e nuova inflazione, inflazione caotica; dinamica con lento rotolamento (cenni). • Asimmetria barionica. Bariogenesi (cenni). • Nucleosintesi primordiale degli elementi leggeri. • La ricombinazione dell'idrogeno: equazione di Saha. Disaccoppiamento della radiazione. Radiazione Cosmica alle Microonde. • Definizione generale di "disaccoppiamento". Materia oscura: proprietà generali • Equazione di Boltzmann in cosmologia e relitti cosmici. • Materia oscura calda e fredda: definizione, calcolo dell'abbondanza attuale e proprietà generali in cosmologia. Elementi di astrofisica stellare • Contrazione gravitazionale e condizioni per l'equilibrio idrostatico • Indice adiabatico ed equilibrio. • Condizioni per il collasso gravitazionale • Teoria di Jeans dell'instabilità gravitazionale • Contrazione di una protostella • Formazione stellare e gas degeneri di elettroni. • Il Sole: proprietà generali, diffusione radiativa, fusione termonucleare. • Nucleosintesi stellare • Cicli stellari. * Diagramma di Hertzsprung-Russell. * Elementi di struttura stellare. Modello di Clayton. Massa minima e massima per una stella. • Fasi finali dell'evoluzione stellare: nane bianche, stelle di neutroni, massa di Chandrasekhar, buchi neri. La formazione delle strutture cosmiche * Evoluzione lineare delle perturbazioni nell'Universo in espansione (principi fondamentali). * Collasso sferico di una protostruttura. * Funzione di massa delle strutture cosmiche: teoria di Press-Schechter.

Modalità di esame:

Esame orale

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

GENERAL RELATIVITY

Titolare: Prof. MARCO PELOSO

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenza della Relatività Speciale

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni. Compiti assegnati settimanalmente

Contenuti:

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

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

NANOFABRICATION

Titolare: Prof. FILIPPO ROMANATO

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

corsi del terzo anno di scienza dei materiali, ottica, struttura della materia, nanostrutture

Conoscenze e abilità da acquisire:

Studio di correlazione tra modellistica e processi di realizzazione di nanostrutture. Abilità nel correlare fenomeni, modelli, proprietà di materiali con le tecniche per l'ottenimento e lo sviluppo di tecnologie di nanofabbricazione per la realizzazione di dispositivi nanostrutturati.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

il corso include diapositive dei diversi temi. presentazioni di metodi di simulazione di nano sistemi principalmente ma non esclusivamente basati su ottica e fotonica presentazioni di tecnologie di nanofabbricazione, processi e controllo di nanostrutture con diverse tecniche di caratterizzazione il corso prevede lezioni frontali in aula e visite alle strutture alcune sale pulite di nanofabbricazione per partecipare a dimostrazioni pratiche di tecniche di processo

Contenuti:

Molti degli impressionanti progressi tecnici e scientifici degli ultime due decenni sono basati sulla capacità di controllare i singoli fenomeni chimico-fisici a livello di pochi nanometri cioè alla scala di dimensioni alla quale avviene la maggior parte dei fenomeni naturali. Questo controllo è stato ottenuto sviluppando sistemi e processi di micro e nano fabbricazione per la realizzazione di dispositivi (anche denominati lab-on-chip) in grado di scambiare segnali (rivelazione e attuazione) con sistemi delle dimensioni di pochi nanometri coniando, di fatto, la definizione di nanotecnologia. Il corso è rivolto agli studenti (scienze dei materiali, fisica, biotecnologie, chimica) in vista della tesi di laurea per l'ampia correlazione tra fenomeni fisici, chimici, biochimici che i processi di nanofabbricazione richiedono in vista della realizzazione di nanostrutture e nanodispositivi. Vengono discussi temi di apertura verso la ricerca delle nanoscienze. Il corso discuterà il processo di miniaturizzazione e il processo di riduzione di scala di molti fenomeni naturali che contraddistinguono il funzionamento dei nanodispositivi. Verranno presentati le principali tecnologie di nanofabbricazione e verranno presentati esempi di applicazione per la realizzazione di dispositivi ed esperimenti di nanoscienza. Dopo una generale distinzione tra processi top-down e bottom-up, verranno illustrate le tecnologie di litografia (UV, elettronica, X-ray, ionica, imprinting, interferenziale etc), processi di deposito (plasma assisted, in fase vapore o chimica, sol-gel etc.) e di sottrazione in fase gassosa (reactive ion etching, milling) o liquida (etching chimici). Verrà rivista la tecnologia di fabbricazione di dispositivi elettronici su base silicio. Vengono proposti esercizi di simulazione di disegno di nanosistemi. Il corso viene completato da delle visite in laboratorio di nanofabbricazione a Trieste presso i laboratori di nanofabbricazione del CNR presso il sincrotrone Elettra. Durante queste visite si avranno dimostrazioni pratiche dei processi litografici trattati durante il corso in aula.

Modalità di esame:

Approfondimento di una tematica, preparazione di una presentazione, discussione scritta. Esame orale, presentazione dell'elaborato e verifica

dell'apprendimento dei principali concetti di nano litografia.

Criteri di valutazione:

La valutazione della preparazione si baserà sulla comprensione degli argomenti svolti e sulla capacità di fare collegamenti fra diversi argomenti. Si valuteranno anche le relazioni scritte presentate .

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

vengono dispensate le presentazioni d'aula e capitoli di libri o articoli sulle specifiche tecniche litografiche.

NON-PERTURBATIVE QUANTUM FIELD THEORY

Titolare: Prof. PIERALBERTO MARCHETTI

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Contenuti:

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

Modalità di esame:

Esami orali

Criteri di valutazione:

Valutare la comprensione dei concetti teorici presentati nel corso

Testi di riferimento:

Shifman, Mikhail, Advanced topics in quantum field theory. Cambridge: Cambridge University Press, 2012 Strocchi, Franco, Elements of Quantum Mechanics of Infinite Systems. : World Scientific, 1985 Strocchi, Franco, An Introduction to Non-Perturbative Foundations of Quantum Field Theory. : Oxford University Press, 2012

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Note aggiuntive del corso

NUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.ssa SILVIA MONICA LENZI

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Meccanica quantistica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Lo studente sarà introdotto al problema della fisica dei molti corpi fortemente interagenti che danno luogo a moti collettivi e di particella singola. Il corso fornisce una buona conoscenza delle proprietà del nucleo atomico che implica l'utilizzo di modelli microscopici e macroscopici per la descrizione dei fenomeni osservati. Lo studente sarà introdotto alle tecniche sperimentali e teoriche sia per lo studio della struttura nucleare con metodi di spettrometria gamma, sia per lo studio dei meccanismi delle reazioni nucleari, anche di interesse astrofisico. Verranno presentati e discussi i problemi più attuali della Fisica Nucleare e le prospettive future. Lo studente sarà in grado di interpretare le diverse proprietà e modi di eccitazione dei nuclei.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Le lezioni si svolgono con l'ausilio di slides. Gli studenti impareranno a fare calcoli microscopici di struttura nucleare e lavoreranno in gruppi su argomenti

di carattere sperimentale.

Contenuti:

Programma di Fisica Nucleare 2021/2022 Parte prima: Struttura del nucleo e modelli nucleari Dall'interazione nucleone-nucleone all'interazione efficace nel nucleo. Simmetrie nella struttura dei nuclei Modelli nucleari: 1) Modelli collettivi: Deformazione nucleare, Eccitazioni collettive, Moti vibrazionali, Moti rotazionali. 2) Modello Microscopici: Modello di campo medio, Modello a shell interattivo, Modello di Nilsson. Metodi sperimentali per la struttura nucleare Parte Seconda: Reazioni nucleari - considerazioni generali: Cinematica delle collisioni a due corpi - tipi di reazione e le osservabili coinvolte - diffusione elastica e sezione d'urto di reazione - reazioni di nucleo composto - reazioni di Knock-out Reazioni con Ioni Pesanti - reazioni di trasferimento quasi-elastico di nucleoni - aspetti fenomenologici delle reazioni nucleari alla barriera Coulombiana, - fusione completa , formazione e decadimento del nucleo composto - reazioni di fusione di interesse astrofisico - tecniche sperimentali Verranno considerati come esempi e argomenti di discussione gli aspetti che riguardano la formazione di nuclei "superpesanti" , le reazioni con nuclei instabili.

Modalità di esame:

L'esame consiste in una prova orale, con discussione degli esercizi proposti durante il corso, ed eventuale presentazione di un lavoro di ricerca su argomenti diversi proposti dai docenti.

Criteri di valutazione:

Buon dominio dei principali argomenti del corso.

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

PHYSICS OF COMPLEX SYSTEMS

Titolare: Prof. ANTONIO TROVATO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali prevalentemente alla lavagna o scrivendo su tablet. Lezioni in ogni caso sincrone anche se dovesse essere necessario farle da remoto

Contenuti:

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

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

PHYSICS OF FLUIDS AND PLASMAS

Titolare: Dott. TOMMASO BOLZONELLA

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:
Nessuno

Conoscenze e abilità da acquisire:
Conoscenze, abilità e competenze da acquisire nel corso saranno illustrate all'inizio del corso.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Lezioni frontali.

Contenuti:
Il corso presenta, ad un livello avanzato, alcuni tra i principali elementi della fisica dei fluidi neutri e dei plasmi. Il corso ha carattere generale ed interdisciplinare, e vuole fornire gli strumenti per entrare in contatto con problematiche comuni a molteplici sistemi naturali e di laboratorio quali per esempio la turbolenza e i fenomeni di riconnessione magnetica. Durante il corso si farà riferimento ad esempi ed applicazioni sia in ambito astrofisico che fusionistico. Introduzione generale: fluidi e plasmi in natura ed in laboratorio. Caratteristiche e limiti delle teorie per la descrizione di fluidi e plasmi. L'equazione di Boltzmann non collisionale. Fluidi neutri: l'equazione di Boltzmann collisionale; le equazioni dei momenti e la derivazione della fluidodinamica. Proprietà dei fluidi ideali e derivazione macroscopica delle equazioni della fluidodinamica. Flussi viscosi. Teoria lineare di onde e instabilità. L'approccio perturbativo. Turbolenza nei fluidi neutri, la teoria di Kolmogorov. Plasmi: proprietà fondamentali ed esempi in natura e laboratorio. Teoria delle orbite. Dinamica di un sistema di molte particelle cariche. Modello cinetico per un plasma: la gerarchia BBGKY, l'equazione di Vlasov; . Il modello a due fluidi. Processi non collisionali; lo smorzamento di Landau. Il modello a fluido unico: MHD ideale e resistiva. Processi collisionali nei plasmi. Diffusione e trasporto. Esempi di instabilità MHD. Teoria delle topologie magnetiche: riconnessione magnetica, il modello di Sweet-Parker. L'elicità magnetica ed il teorema di Woltjer. La generazione del campo magnetico: l'effetto dinamo. Dinamo cinetica e dinamo MHD. Esempi di dinamo in astrofisica e laboratorio. Turbolenza MHD.

Modalità di esame:
Le modalità d'esame saranno presentate all'inizio del corso.

Criteri di valutazione:
Conoscenza del programma svolto e capacità di rielaborazione autonoma del materiale presentato a lezione

Testi di riferimento:
CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Saranno fornite all'inizio del corso.

PHYSICS OF NUCLEAR FUSION AND PLASMA APPLICATIONS

Titolare: Prof.ssa LIDIA PIRON

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

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

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Saranno presentati all'inizio del corso.

Contenuti:
Prima parte: La fusione nucleare: principali processi, sezioni d'urto, reattività. Bilancio energetico di un reattore a fusione, break-even, ignizione. Confinamento magnetico e confinamento inerziale. Configurazioni toroidali per il confinamento magnetico. La configurazione tokamak. Schema concettuale del reattore. Equilibrio MHD in geometria cilindrica, z-pinch, screw-pinch. Equilibrio MHD in geometria toroidale, funzioni di flusso, equazione di Grad-Shafranov. Fattore di sicurezza, beta toroidale e poloidale. Limiti operativi del tokamak: diagramma di Hugill, limite di Greenwald, limite di beta. Leggi di scala del tempo di confinamento, modo L e modo H. Riscaldamento del plasma: ohmico, con fasci di neutri, con radiofrequenza. Regione esterna del plasma, concetti di limiter e divertore. Analogia formale fra traiettorie delle linee di campo magnetico e orbite di un sistema Hamiltoniano. Configurazioni toroidali alternative: stellarator e RFP. Stato della ricerca sulla fusione: il progetto ITER. Sicurezza e impatto ambientale del reattore a fusione. Seconda parte: Introduzione alle applicazioni dei plasmi. Metodologie di formazione di un plasma. Modello del diodo piano, legge di Child-Langmuir. Strato di Debye, criterio di Bohm, potenziale flottante. Sonda di Langmuir e suo utilizzo per la misura delle proprietà del plasma. Sonda doppia e sonda tripla. Scariche a radiofrequenza, accoppiamento induttivo e capacitivo. Cenni sui plasmi a pressione atmosferica. Applicazioni: applicazioni di "plasma medicine", propulsori al plasma per applicazioni spaziali.

Modalità di esame:
Le modalità d'esame saranno presentate all'inizio del corso.

Criteri di valutazione:
I criteri di valutazione saranno presentati all'inizio del corso.

Testi di riferimento:
CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Verranno fornite dispense relative all'intero contenuto del corso.

PHYSICS OF SEMICONDUCTORS

Titolare: Prof. DAVIDE DE SALVADOR

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Prerequisiti matematici: Funzioni continue. Derivate. Teoremi fondamentali del calcolo differenziale. Massimi e minimi relativi e assoluti. Funzioni trigonometriche esponenziali e logaritmiche. Studio di una funzione. Integrali definiti. Volumi di solidi di rotazione. Serie di Taylor e di Maclaurin. Numeri complessi. Esponenziale in campo complesso. Equazioni differenziali. Equazioni differenziali lineari del primo ordine e del secondo ordine. Funzioni di più variabili. Limiti. Derivate parziali. Massimi e minimi relativi. Punti di sella. Integrali doppi in coordinate polari. Volumi di solidi. Integrali tripli. Calcolo differenziale vettoriale: flusso di un campo vettoriale attraverso una superficie. Divergenza di un campo e teorema della divergenza. Prerequisiti Fisica di Base Legge di Coulomb. Campo elettrostatico. Potenziale elettrostatico. Legge di Gauss. Equazioni di Poisson e Laplace. Capacità; condensatore ideale. Dielettrici. Costante dielettrica. Correnti elettriche e densità di corrente. Conservazione della carica. Legge di Ohm. Effetto Joule. Campo magnetico; forza di Lorentz. Prerequisiti Fisica Quantistica: I quanti di luce e l'effetto foto-elettrico .Pacchetti d'onda . Il principio di indeterminazione di Heisenberg . Equazione di Shroedinger particella in una scatola. Oscillatore armonico quantistico. Valori di aspettazione . Osservabili e operatori . Incertezza quantistica e 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'obbiettivo 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, Sze, Simon Min, Semiconductor devices physics and technology S. M. Sze. New York: J. Wiley & sons, 0 Singh, Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures. : Cambridge,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Saranno forniti i lucidi del corso

PREPARATORY ACTIVITIES FOR THE THESIS

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: ; 1,00

QUANTUM INFORMATION AND COMPUTING

Titolare: Prof. SIMONE MONTANGERO

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Quantum mechanics and elements of programming.

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

Basics in computational physics 1. Large matrix diagonalization 2. Numerical integration, optimizations, and solutions of PDE 3. Elements of Gnuplot, modern FORTRAN, python 4. Elements of object-oriented programming 5. Schrödinger equation (exact diagonalization, Split operator method, Suzuki-trotter decomposition, ...) Basics of quantum information: 1. Density matrices and Liouville operators 2. Many-body Hamiltonians and states (Tensor products, Liouville representation, ...) 3. Entanglement measures 4. Entanglement in many-body quantum systems Theory: 1. Numerical Renormalization Group 2. Density Matrix Renormalization group 3. Introduction to tensor networks 4. Tensor network properties 5. Symmetric tensor networks 6. Algorithms for tensor networks optimization 7. Exact solutions of benchmarking models Applications: 1. Critical systems 2. Topological order and its characterization 3. Adiabatic quantum computation 4. Quantum annealing of classical hard problems 5. Kibble-Zurek mechanism 6. Optimal control of many-body quantum systems 7. Open quantum systems (quantum trajectories, MPDO, LPTN, ...) 8. Tensor networks for classical problems: regressions, classifications, and deep learning.

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

The student will be evaluated in terms of: - The knowledge of the course content; - The programming skill and the quality of the written code; - The data analysis and presentation; - The physical analysis and global understanding of the treated problem.

Testi di riferimento:

Montangero, Simone, Introduction to tensor network methods numerical simulations of low-dimensional many-body quantum systems Simone Montangero. Cham: Springer, 2018

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

THEORY OF STRONGLY CORRELATED SYSTEMS

Titolare: Prof. LUCA DELL'ANNA

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of matter

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni alla lavagna

Contenuti:

I Parte: Introduzione e formalismo del path integral. - Richiami di meccanica quantistica di singola particella e di particelle identiche - Seconda quantizzazione: operatori di creazione e distruzione - Operatori di singola e doppia particella - Stati coerenti bosonici - Algebra di Grassmann - Stati coerenti fermionici - Digressione sugli integrali gaussiani con variabili complesse e grassmanniane - Integrali di Feynman - Funzione di partizione e tempo immaginario - Equazione del moto ed approssimazione di fase stazionaria - Applicazione degli integrali di Feynman alla doppia buca: gas di istantoni - Integrale funzionale con gli stati coerenti bosonici e fermionici - Funzione di partizione per particelle non interagenti e funzioni di Green - Particelle interagenti: teoria perturbativa - Integrale funzionale per il campo di gauge elettromagnetico II Parte: Applicazioni. - Gas di Coulomb ? L'approccio perturbativo ? Random Phase Approximation ? Il metodo dell'integrale funzionale - Bosoni non interagenti: condensazione di Bose-Einstein - Teorema di

Goldstone - Bosoni interagenti: Superfluidità ? Lo spettro di Bogoliubov ? Criterio di Landau ? L'azione del modo di Goldstone ? Fenomenologia - Superconduttività ? Fenomenologia ed equazioni di London ? Interazione elettrone- fonone ? Il problema di Cooper ? La teoria BCS con l'integrale funzionale: la gap e la temperatura critica ? La teoria di Ginzburg-Landau ? L'azione del modo di Goldstone ? L'effetto Meissner ed il meccanismo di Higgs

Modalità di esame:

Orale

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Curriculum: Physics of the fundamental interactions

ADVANCED PHYSICS LABORATORY B

Titolare: Prof. MARCO BAZZAN

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

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

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

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

Modalità di esame:

Relazione scritta ed esame orale.

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense dei relatori disponibili sul web.

ADVANCED QUANTUM FIELD THEORY

Titolare: Prof. MARCO MATONE

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Si presuppone che gli studenti posseggano conoscenze adeguate sia della quantizzazione canonica che della formulazione basata sull'integrale sui cammini della teoria dei campi. In particolare, si assume la conoscenza della formulazione basata sull'integrale sui cammini della teoria ϕ^4 e dell'Elettrodinamica Quantistica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Scopo del corso è fornire una buona conoscenza riguardante alcuni argomenti avanzati delle teorie di campo. Questi includono le teorie di Yang Mills, rilevanti aspetti topologici, come solitoni, monopoli e istantoni, e le teorie supersimmetriche. In particolare, la teoria di Seiberg-Witten sarà trattata in considerevole dettaglio, introducendo efficaci tecniche matematiche ormai di frequente uso nella ricerca teorica. Tra gli scopi del corso vi è quello di far sì che gli studenti abbiano un buon controllo di tali tecniche.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali.

Contenuti:

Aspetti generali delle teorie quantistiche dei campi. Teorie di Yang-Mills: Teoria dei gruppi. Ghosts di Faddeev-Popov, trasformazioni BRS, identità di Slavnov-Taylor. Contributi a one-loop della funzione beta. Running della costante d'accoppiamento. Libertà asintotica. Rinormalizzabilità delle teorie di Yang-Mills senza materia. Strutture topologiche nelle teorie dei campi: Il modello Sine-Gordon. Soluzioni kinks. Conservazione della carica topologica. Soluzioni di energia finita. Commenti sui solitoni e l'equazione di Korteweg-de Vries. Generalizzazioni a più dimensioni: linee di vortice. Divergenza dell'energia delle soluzioni topologiche e necessità di aggiungere un campo di gauge. La densità lagrangiana di Kibble-Higgs. Problemi con la formulazione di approssimazione semiclassica della rottura spontanea della simmetria. Teorema di Elitzur. Le soluzioni di vortice stabili di Nielsen e Olsen. Monopolo Dirac e stringa di Dirac. Quantizzazione della carica. Fiber bundles e assenza di singolarità. La soluzione di Wu-Yang. Azione euclidea per stati legati in meccanica quantistica e approssimazione WKB. Tunneling e istantoni nella meccanica quantistica. Vuoti theta. Supersimmetria: Rappresentazioni del gruppo di Lorentz. Rappresentazioni spinoriali. Spinori puntati e non puntati. Il gruppo di Poincaré e le sue rappresentazioni. Teorema di Coleman-Mandula. Il gruppo Super-Poincaré. Rappresentazioni dell'algebra supersimmetrica. Supermultipletti. Supermultipletti di massa nulla. Vuoto di Clifford. Supermultipletti di massa nulla e massivi per $N = 1, 2, 4$ e 8 . Superspazio e supercampi. Identità nel calcolo Grassmaniano. Supercariche come generatori delle traslazioni nei parametri di Grassmann. Derivate covarianti e supercampi chirali. Costruzione di azioni invarianti supersimmetriche. Azione di Wess-Zumino. Trasformazioni di gauge. angolo θ . Teoria di Seiberg-Witten: A. Prerequisiti matematici. Breve introduzione alla teoria delle superfici di Riemann. Omologia e gruppo fondamentale. Line bundles olomorfi. Teorema di uniformazione. Funzioni univalenti e metrica di Poincaré. Azione di Hilbert-Einstein e caratteristica di Eulero. Equazione di Liouville, derivata Schwarziana e tensore di Liouville. Parametri accessori. L'equazione di uniformizzazione. B. Teoria $N = 2$ SYM. Olomorficità del prepotenziale. Il caso del gruppo di gauge $SU(2)$. SSB e azione wilsoniana. Formulazione duale della teoria $N = 2$ SYM. Libertà asintotica e singolarità nello spazio dei moduli dei vuoti quantistici M per grandi u . La matrice di monodromia all'infinito. Singolarità in M ??dove il monopolo diventa a massa nulla. Il gruppo di simmetria $U(2)$ dalla formulazione duale. Le tre singolarità nello spazio dei moduli dei vuoti quantistici. Costante d'accoppiamento effettiva come inversa della mappa uniformizzante della sfera di Riemann con tre punte \mathbb{P}^1 . Isomorfismo tra il gruppo fondamentale di \mathbb{P}^1 e il gruppo uniformizzante $U(2)$. Relazione non perturbativa tra modulo u e prepotenziale. Relazioni di ricorrenza per gli istantoni. Prova della congettura di Seiberg-Witten.

Modalità di esame:

L'esame consiste in una prova orale che può iniziare con un breve seminario su di un argomento da concordare con il docente.

Criteri di valutazione:

Alla prova orale si valuta la profondità raggiunta dallo studente nella comprensione della teoria e la capacità di esporre gli argomenti con senso logico e in modo coerente.

Testi di riferimento:

Claude Itzykson, Jean-Bernard Zuber, Quantum Field Theory. New York: McGraw-Hill Book Co, 1987
Lewis H. Ryder, Quantum Field Theory. Cambridge: Cambridge University Press, 1996
Julius Wess, Jonathan Bagger, Supersymmetry and Supergravity: Revised Edition. Princeton: Princeton Univ. Pr, 1992
Steven Weinberg, The Quantum Theory of Fields. Cambridge: Cambridge University Press, 2005

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

ADVANCED TOPICS IN THE THEORY OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS

Titolare: Dott. LUCA DI LUZIO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

- INTRODUZIONE ED ESEMPI: Caratterizzazione di un sistema fisico: gradi di libertà, scale pertinenti, simmetrie. Esempi di teorie di campo efficaci (EFTs): la teoria di Fermi delle interazioni deboli, il Modello Standard come EFT ed altri esempi. - ASPETTI FORMALI: EFT e conteggio di potenze; integrazione dei gradi di libertà pesanti a livello albero e ad 1 loop; teorema di disaccoppiamento. Azione Wilsoniana: calcolo in teoria delle perturbazioni e risultati esatti a livello albero. Lagrangiane efficaci equivalenti: indipendenza degli elementi di matrice S dalle ridefinizioni locali dei campi. EFT ad 1 loop: evoluzione delle costanti di accoppiamento, mescolamento di operatori e dimensioni anomale. - EFT NEL REGIME PERTURBATIVO: LAGRANGIANA DI EULER-HEISENBERG Simmetrie e approccio bottom-up; derivazione esplicita dalla QED e altre teorie ultraviolette. Birifrangenza del vuoto; equazioni del moto del campo elettromagnetico dalla teoria di Euler-Heisenberg. Landscape e swampland della EFT di Euler-Heisenberg; vincoli di positività da proprietà di analiticità, simmetria di crossing ed unitarietà applicate all'ampiezza di scattering light-by-light. - EFT NEL REGIME NON-PERTURBATIVO: LAGRANGIANA CHIRALE Simmetrie delle interazioni forti; Lagrangiana Chirale per la QCD a basse energie. Anomalie delle simmetrie globali delle interazioni forti ed elettromagnetiche e conseguenze fisiche. Struttura di vuoto della QCD; momento di dipolo elettrico del neutrone, problema di strong CP e sue soluzioni; teorie efficaci dell'assione. Formalismo di Callan-Coleman-Wess-Zumino ed applicazioni a teorie dell'Higgs composto e di materia oscura fortemente interagente.

Modalità di esame:

Risoluzione di problemi assegnati durante il corso ed esame orale.

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

COSMOLOGY OF THE EARLY UNIVERSE

Titolare: Prof. NICOLA BARTOLO

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

Scopo del corso è quello di offrire allo studente gli strumenti necessari per comprendere e analizzare i principali aspetti che riguardano la fisica dell'universo primordiale, sia da un punto di vista modellistico che osservativo. Particolare attenzione sarà riservata ai temi di ricerca più attuali di questo campo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali con proposte di esercizi ed esempi

Contenuti:

Introduzione generale. Il problema delle condizioni iniziali: perturbazioni di densità primordiali all'origine della formazione delle strutture dell'universo su grande scala. - Brevi richiami ai principali problemi del modello cosmologico standard - Cosmologia inflazionaria nell'universo primordiale come soluzione ai problemi del modello standard Modellistica: - Modelli inflazionari: energia del vuoto e l'inflatone; dinamica di un campo scalare in un universo di Friedmann-Robertson-Walker; possibili realizzazioni dello scenario inflazionario - Modelli cosmologici di inflazione e loro principali caratteristiche (con esempi anche nell'ambito di fisica delle particelle delle alte energie) - Predizioni osservative dei modelli inflazionari: dalle perturbazioni quantistiche in un universo in espansione alle prime perturbazioni di densità primordiali; generazione di onde gravitazionali primordiali e loro osservabilità (effetti osservativi sia di tipo cosmologico che ad interferometri). Fase di reheating e meccanismi di bariogenesi. Formalismo Delta-N e formalismo in-in per lo studio delle perturbazioni cosmologiche. Esempio di applicazione: non-Gaussianità primordiale. Perturbazioni cosmologiche in relatività generale: - perturbazioni scalari, vettoriali e tensoriali - trasformazioni di gauge - equazioni di Einstein perturbate (linearmente) attorno alla metrica di Robertson-Walker Test osservativi dell'universo primordiale

Modalità di esame:

Esame orale

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Le parti rilevanti del corso saranno chiaramente individuate nei testi di riferimento e per diverse parti del corso saranno a disposizione degli appunti del docente. Per alcuni argomenti saranno indicate anche alcune referenze specifiche della letteratura per possibili approfondimenti.

EXPERIMENTAL SUBNUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof. RICCARDO BRUGNERA

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

Cromodinamica quantistica ===== Lagrangiana di QCD, Cenni alle eq. del gruppo di rinormalizzazione, α_s come running coupling constant. Equazioni di Dokshitzer-Gribov-Altarelli-Parisi. Funzioni di struttura. Processi di adronizzazione. Teoria elettrodebole ===== Modello $SU(2) \times U(1)$, correzioni radiative, fisica della Z, interferenza e asimmetrie a LEP, fisica a LEP II Modello di Goldstone, meccanismo di Higgs, fenomenologia dell'Higgs, ricerche del bosone di Higgs. Fisica ai colliders adronici: ricerca e proprietà del quark top e dei bosoni vettori. Matrice CKM ===== Gerarchia dei parametri, parametrizzazione originale e sviluppo di Wolfenstein. Triangolo di Unitarietà. Esempi di misura di alcuni elementi della matrice. Violazione di CP e oscillazione di particelle ===== Gli stati del sistema K neutro Oscillazioni di stranezza Rigenerazione La violazione di CP Oscillazioni e violazione di CP nel sistema B neutro Violazione di CP nei decadimenti mesonici Oscillazioni dei neutrini: oscillazioni tra due sapori, oscillazioni tra tre sapori, oscillazioni dei neutrini nella materia. Neutrini dal sole e studi delle oscillazioni. Oscillazioni dei neutrini atmosferici ed esperimenti. Oscillazioni dei neutrini atmosferici ed esperimenti. Esperimenti long-baseline. Conseguenze delle oscillazioni dei neutrini.

Modalità di esame:

Orale

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

FUNDAMENTALS OF ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY

Titolare: Prof. SABINO MATARRESE

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Concetti fondamentali di meccanica quantistica e relatività speciale

Conoscenze e abilità da acquisire:

La capacità di affrontare una classe di fenomeni fisici e astronomici la cui comprensione richiede un approccio basato su strumenti largamente interdisciplinari. La capacità di passare dalla formulazione astratta di alcuni principi fisici acquisiti nei corsi fondamentali del triennio e di strumenti matematici alla loro applicazione in un contesto per molti aspetti diverso da quello dei corsi di base.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali

Contenuti:

Concetti fondamentali dell'astrofisica galattica ed extra-galattica • La Classificazione delle galassie • Proprietà statistiche della popolazione galattica • Gruppi e ammassi di galassie Concetti fondamentali della Cosmologia • Componenti principali dell'Universo. Evidenza osservativa della presenza di materia oscura ed energia oscura. • Universo in espansione e Principio Cosmologico. • Elemento di linea di Robertson-Walker. Proprietà geometriche. • Costante di Hubble e parametro di decelerazione. • Definizioni di distanza in Cosmologia; redshift e legge di Hubble (trattazione approssimata a bassi redshift). • Deduzione Newtoniana delle equazioni di Friedmann e correzioni relativistiche. • Modelli di Friedmann. • La costante cosmologica: soluzione statica di Einstein e modello di de Sitter. • Soluzioni per il caso piatto e per Universi con curvatura non nulla. • Trattazione esatta della legge di Hubble. Storia termica e Universo primordiale • Densità numerica, densità di energia e pressione per un sistema di particelle in equilibrio termodinamico. • Conservazione dell'entropia in un volume comovente. • Relazione temperatura-tempo in epoche primordiali. • Problemi del modello standard: orizzonte, piattezza, etc.. • "Inflazione" nell'Universo primordiale. Soluzione del problema dell'orizzonte e della piattezza. • Cinematica e dinamica dell'inflazione: l'"inflaton". • Vecchia e nuova inflazione, inflazione caotica; dinamica con lento rotolamento (cenni). • Asimmetria barionica. Bariogenesi (cenni). • Nucleosintesi primordiale degli elementi leggeri. • La ricombinazione dell'idrogeno: equazione di Saha. Disaccoppiamento della radiazione. Radiazione Cosmica alle Microonde. • Definizione generale di "disaccoppiamento". Materia oscura: proprietà generali • Equazione di Boltzmann in cosmologia e relict cosmici. • Materia oscura calda e fredda: definizione, calcolo dell'abbondanza attuale e proprietà generali in cosmologia. Elementi di astrofisica stellare • Contrazione gravitazionale e condizioni per l'equilibrio idrostatico • Indice adiabatico ed equilibrio. • Condizioni per il collasso gravitazionale • Teoria di Jeans dell'instabilità gravitazionale • Contrazione di una protostella • Formazione stellare e gas degeneri di elettroni. • Il Sole: proprietà generali, diffusione radiativa, fusione termonucleare. • Nucleosintesi stellare • Cicli stellari. * Diagramma di Hertzsprung-Russell. * Elementi di struttura stellare. Modello di Clayton. Massa minima e massima per una stella. • Fasi finali dell'evoluzione stellare: nane bianche, stelle di neutroni, massa di Chandrasekhar, buchi neri. La formazione delle strutture cosmiche * Evoluzione lineare delle perturbazioni nell'Universo in espansione (principi fondamentali). * Collasso sferico di una protostruttura. * Funzione di massa delle strutture cosmiche: teoria di Press-Schechter.

Modalità di esame:

Esame orale

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

MEDICAL PHYSICS

Titolare: Dott.ssa LAURA DE NARDO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Le lezioni saranno impartite utilizzando diapositive.

Contenuti:

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

Modalità di esame:

Esame orale. Lo studente preparerà una presentazione (Power Point o simile) su di un'analisi dettagliata di uno o più recenti lavori scientifici connessi ad uno degli argomenti del corso. L'argomento della presentazione verrà concordato con il docente. Sono previste domande riguardanti questa presentazione e altri argomenti svolti durante le lezioni.

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Diapositive delle lezioni e altro materiale reso disponibile dal docente su moodle; articoli e pubblicazioni scientifiche suggerite dal docente durante le lezioni.

MULTIMESSENGER ASTROPHYSICS

Titolare: Prof.ssa ELISA BERNARDINI

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

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali ed esercizi.

Contenuti:

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

Modalità di esame:

Esame orale.

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

NON-PERTURBATIVE QUANTUM FIELD THEORY
--

Titolare: Prof. PIERALBERTO MARCHETTI

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Contenuti:

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

Modalità di esame:

Esami orali

Criteri di valutazione:

Valutare la comprensione dei concetti teorici presentati nel corso

Testi di riferimento:

Shifman, Mikhail, Advanced topics in quantum field theory. Cambridge: Cambridge University Press, 2012 Strocchi, Franco, Elements of Quantum Mechanics of Infinite Systems. : World Scientific, 1985 Strocchi, Franco, An Introduction to Non-Perturbative Foundations of Quantum Field Theory. : Oxford University Press, 2012

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Note aggiuntive del corso

SOLID STATE PHYSICS

Titolare: Prof. FRANCESCO ANCILOTTO

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenze di elementi di Meccanica Quantistica di base Conoscenze di elementi di Meccanica Statistica di base (funzioni di distribuzioni, ensemble Canonico e gran Canonico, medie statistiche).

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

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

Modalità di esame:

Esame orale sul programma svolto a lezione.

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

STATISTICAL MECHANICS

Titolare: Prof. ENZO ORLANDINI

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

I contenuti del programma, in sintesi, possono essere così divisi Termodinamica delle transizioni di fase. Punti critici, parametro d'ordine ed esponenti

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

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

I criteri con cui verrà effettuata la verifica delle conoscenze e abilità acquisite sono: 1) comprensione degli argomenti trattati; 2) capacità critica di collegamento delle conoscenze acquisite; 3) completezza delle conoscenze acquisite; 4) capacità di sintesi; 5) proprietà delle terminologia utilizzata 6) capacità di utilizzo delle metodologie e tecniche analitiche illustrate durante il corso per risolvere o almeno impostare problemi dove la meccanica statistica svolge un ruolo importante.

Testi di riferimento:

K. Huang, Meccanica Statistica. : Zanichelli, 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/>

THEORY OF STRONGLY CORRELATED SYSTEMS

Titolare: Prof. LUCA DELL'ANNA

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Physics of the fundamental interactions

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni alla lavagna

Contenuti:

I Parte: Introduzione e formalismo del path integral. - Richiami di meccanica quantistica di singola particella e di particelle identiche - Seconda quantizzazione: operatori di creazione e distruzione - Operatori di singola e doppia particella - Stati coerenti bosonici - Algebra di Grassmann - Stati coerenti fermionici - Digressione sugli integrali gaussiani con variabili complesse e grassmanniane - Integrali di Feynman - Funzione di partizione e tempo immaginario - Equazione del moto ed approssimazione di fase stazionaria - Applicazione degli integrali di Feynman alla doppia buca: gas di istantoni - Integrale funzionale con gli stati coerenti bosonici e fermionici - Funzione di partizione per particelle non interagenti e funzioni di Green - Particelle interagenti: teoria perturbativa - Integrale funzionale per il campo di gauge elettromagnetico II Parte: Applicazioni. - Gas di Coulomb ? L'approccio perturbativo ? Random Phase Approximation ? Il metodo dell'integrale funzionale - Bosoni non interagenti: condensazione di Bose-Einstein - Teorema di Goldstone - Bosoni interagenti: Superfluidità ? Lo spettro di Bogoliubov ? Criterio di Landau ? L'azione del modo di Goldstone ? Fenomenologia - Superconduttività ? Fenomenologia ed equazioni di London ? Interazione elettrone-fonone ? Il problema di Cooper ? La teoria BCS con l'integrale funzionale: la gap e la temperatura critica ? La teoria di Ginzburg-Landau ? L'azione del modo di Goldstone ? L'effetto Meissner ed il meccanismo di Higgs

Modalità di esame:

Orale

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Curriculum: Physics of the Universe