



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Bollettino Notiziario - A.A. 2021/2022

LAUREA MAGISTRALE IN PHYSICS OF DATA (ORD. 2018)

Curriculum: Corsi comuni

ADVANCED STATISTICS FOR PHYSICS ANALYSIS

Titolare: Prof. ALBERTO GARFAGNINI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Nessuno

Conoscenze e abilità da acquisire:

Risolvere problemi di statistica e analisi di dati tramite l'ambiente di sviluppo R.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali. Le lezioni saranno corredate da esempi pratici con esercitazioni in aula tramite l'ambiente di sviluppo R.

Contenuti:

- richiamo di concetti di base sulle probabilità (regole, definizioni e distribuzioni) - dalle 'prove' di Bernoulli ai processi Poissoniani e le relative distribuzioni di probabilità - inferenza della probabilità di Bernoulli, p ; inferenza del parametro λ della distribuzione di Poisson. Inferenza della media, μ , della distribuzione di Gauss. Inferenza simultanea di μ e σ da un campione: concetti generali e risultati asintotici (caso di grandi moli di dati) - fit come caso speciale di inferenza parametrica - Metodi di Monte Carlo: rejection sampling, inversioni di distribuzioni cumulative, importance sampling. L'algoritmo di Metropolis come esempio di Markov Chain Monte Carlo. Simulated annealing. - l'ambiente di programmazione e il linguaggio di programmazione R per l'analisi statistica dei dati.

Modalità di esame:

Esame scritto su temi trattati nel corso e prova orale su progetto affidato a gruppi di studenti

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense dalle lezioni introduttive. Testi di riferimento e materiale integrativo verranno consigliati durante lo svolgimento del corso.

ASTRO-STATISTICS AND COSMOLOGY

Titolare: Prof. MICHELE LIGUORI

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Probabilità e statistica: definizione di probabilità, distribuzioni di probabilità, valor medio, varianza e covarianza, teorema di Bayes, elementi di teoria degli estimatori statistici, maximum likelihood, intervalli di confidenza, test delle ipotesi. Cosmologia: legge di Hubble, metrica di Robertson-Walker, equazioni di Friedmann-Robertson-Walker. Perturbazioni cosmologiche: instabilità di Jeans, spettro di potenza, fattore di crescita lineare delle strutture.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Dopo aver completato il corso lo studente dovrebbe aver acquisito una chiara comprensione dei concetti di base della statistica Bayesiana, ed essere in grado di applicarli in situazioni concrete, legate all'analisi di dataset astrofisici e cosmologici. In particolare lo studente dovrà avere acquisito competenze che gli permettano di: 1) Costruire estimatori statistici ottimali di parametri astrofisici e cosmologici in svariati contesti pratici. 2) Saper applicare algoritmi di Markov Chain Monte Carlo (MCMC) per inferenza Bayesiana, avendo padronanza di diversi metodi (ad es. Metropolis-Hastings, Gibbs sampling, Hamiltonian sampling) 3) Implementare algoritmi di Bayesian model selection in contesti concreti. 4) Affrontare problemi di experimental design e forecasting, attraverso l'uso della matrice di Fisher 5) Avere un approccio pratico al problema della stima degli errori, considerando le limitazioni e le problematiche legate ai diversi metodi statistici applicabili al problema in esame. Saper valutare l'impatto di effetti sistematici, in semplici situazioni, e produrre strategie per la loro mitigazione.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Il corso è organizzato in lezioni, il cui contenuto è presentato alla lavagna. In casi specifici si farà anche uso di trasparenze e immagini. La modalità di presentazione del corso è interattiva, con discussioni e domande in classe. Viene data enfasi alla presentazione casi studio, applicazioni e esempi concreti.

Contenuti:

Teorema di Bayes e probabilità Bayesiana. Scelta del prior. Inferenza Bayesiana e Monte Carlo Markov Chain (MCMC): Metropolis-Hastings, Gibbs sampling, Hamiltonian sampling. Joint likelihood. Parameter marginalization. Evidenza Bayesiana, model selection, confronto di modelli, criteri d'informazione. Matrice di Fisher per experimental design e forecasting. Esempi pratici: stima dello spettro di potenza in dataset cosmologici (fondo cosmico di microonde e struttura su grande scala), MCMC e stima di parametri cosmologici, separazione delle componenti, analisi dati per onde gravitazionali, Fisher matrix forecasting per future survey cosmologiche. Alcune parti del programma o scelte di esempi possono subire variazioni, in base alla composizione e alle competenze della classe.

Modalità di esame:

L'esame si svolge in due fasi: 1) Risoluzione di esercizi a casa, eventualmente da affrontare in gruppo e consegnare al docente. 3) Prova orale, con discussione sugli argomenti del corso.

Criteri di valutazione:

I criteri utilizzati per verificare le conoscenze e le competenze acquisite sono: 1) Comprensione degli argomenti trattati. 2) Capacità critica di collegare le conoscenze acquisite. 3) Completezza delle conoscenze acquisite. 4) Capacità di sintesi e chiarezza nell'esposizione delle conoscenze. 5) Comprensione ed utilizzo corretto della terminologia utilizzata. 6) Capacità di applicare i concetti teorici, le metodologie analitiche e le tecniche computazionali illustrate nel corso, al fine di risolvere problemi realistici di forecasting, analisi dati e stima di parametri in dataset astrofisici e cosmologici.

Testi di riferimento:

Hobson, M.P.; Jaffe, Andrew H., Bayesian methods in cosmology Michael P. Hobson, Andrew H. Jaffe, Andrew R. Liddle, David Parkinson. Cambridge: Cambridge University Press, 2010 Sivia, Devinder S.; Skilling, John, Data analysis a Bayesian tutorial D. S. Sivia with J. Skilling. Oxford: Oxford University press, 2006

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Oltre ai libri di consigliati, materiale aggiuntivo di studio (note, esercizi, articoli scientifici) verrà messo a disposizione degli studenti su moodle.

BIOLOGICAL DATASETS FOR COMPUTATIONAL PHYSICS

Titolare: Prof.ssa MONIKA FUXREITER

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Sistema operativo Unix e i fondamenti di programmazione. Conoscenze di base (livello di scuola superiore) di chimica e di statistica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Lo studente diventerà familiare con le più avanzate tecniche computazionale per la trattazione di problemi biologici

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Si faccia riferimento al testo in inglese

Contenuti:

Si faccia riferimento al testo in inglese

Modalità di esame:

Si faccia riferimento al testo in inglese

Criteri di valutazione:

Si faccia riferimento al testo in inglese

Testi di riferimento:

Mathews, Christopher K.; Ahern, Kevin G.; Tortora, Paolo; Monti, Eugenio, Biochimica Christopher K. Mathews, K. E. van Holde, Kevin G. Ahern edizione italiana a cura di P. Tortora, E. Monti. Milano: CEA, 2004

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Il materiale mostrato a lezione e relativo alla parte pratica verrà fornita settimanalmente. In aggiunta, pubblicazioni rilevanti per il corso verranno rese disponibili in formato elettronico

COMPUTATIONAL ASTROPHYSICS

Titolare: Prof.ssa MICHELA MAPELLI

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Nozioni di base di programmazione. Nozioni di base di Analisi matematica I e II. Nozioni di base di Cinematica e Dinamica (Fisica Generale I), in particolare la teoria di Newton della Gravitazione Universale. Conoscenze nel campo dell'astrofisica non sono richieste ma possono essere utili.

Conoscenze e abilità da acquisire:

L'Astrofisica Computazionale studia una vasta gamma di processi astrofisici (dalla dinamica stellare, fino alla formazione delle stelle e delle galassie, l'evoluzione dell'Universo primordiale e la fisica delle sorgenti di onde gravitazionali) attraverso l'uso di codici numerici. In questo corso, gli studenti familiarizzeranno con alcune delle più importanti tecniche usate in Astrofisica Computazionale e le useranno per lavorare a progetti di interesse astrofisico.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Ciascuna lezione consisterà in una parte di teoria e una parte di esercizi.

Contenuti:

- Introduzione generale alla problematica dell'evoluzione di sistemi binari in astrofisica (trasferimento di massa, inviluppo comune, forze mareali). La formazione di buchi neri binari e stelle di neutroni doppie. - Codici di sintesi di popolazione: simulare popolazioni di stelle singole e in binaria. - Progetto N.1: la formazione di buchi neri binari a partire da popolazioni stellari diverse. - Introduzione al problema degli N-corpi in astrofisica. - Simulazioni ad N-corpi: definizione di una simulazione ad N-corpi; concetto di complessità numerica; unità a N-corpi; esercizi sulle unità a N-corpi. - Esempi di algoritmi numerici per risolvere il problema astrofisico a N-corpi: Eulero, Leapfrog; esercizi con Eulero e Leapfrog (moto di un sistema binario). - Generazione delle condizioni iniziali di una simulazione a N-corpi (posizioni, velocità, masse) attraverso metodi Monte Carlo: la funzione iniziale di massa, la sfera di Plummer, il potenziale di Navarro Frenk & White, la distribuzione Maxwelliana delle velocità. - Codici a N-corpi diretti per i sistemi collisionali: Hermite scheme, block time-step algorithm, regularization algorithms. - Come combinare la sintesi di popolazione con un codice a N-corpi. - Progetto N.2: integrazione della dinamica di un ammasso stellare. - Introduzione generale agli incontri ravvicinati tra stelle singole e binarie. - Progetto N.3: integrazione della formazione/distruzione di una binaria di buchi neri attraverso incontri ravvicinati. - Special purpose hardware, graphics processing units and high-performance computing in astrofisica. - Simulazioni su scala galattica e cosmologica. - Codici ad albero, il softening. - Progetto N.4: simulazione di un'interazione tra galassie o, in alternativa, analisi degli output di una simulazione cosmologica (EAGLE, IllustrisTNG). - Dinamica del gas e algoritmi per studiarla: smoothed particle hydrodynamics, mesh codes, adaptive mesh refinement codes, hybrid moving mesh codes. - Fisica "sotto-griglia": formazione stellare, particelle sink, supernovae, trasporto radiativo. - Progetto N.5: collasso di una nube molecolare e formazione stellare.

Modalità di esame:

Esame orale per discutere il progetto finale, sia dal punto di vista numerico che dal punto di vista scientifico.

Criteri di valutazione:

Durante il corso verranno presentati 4-5 progetti scientifici che richiedono un approccio numerico. Ogni studente sceglierà uno di questi progetti e lo svolgerà in maniera corretta e completa. I partecipanti devono acquisire un'ottima padronanza delle tecniche numeriche presentate durante il corso e una buona comprensione delle problematiche astrofisiche affrontate.

Testi di riferimento:

Sverre J. Aarseth, Numerical Methods in Astrophysics: An Introduction. : Taylor & Francis,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

* Lecture notes by Michela Mapelli * Gravitational N-Body Simulations: Tools and Algorithms, Sverre J. Aarseth, Cambridge University Press, online ISBN: 9780511535246, doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535246> * Astrophysical Recipes: The Art of Amuse, Simon Portegies Zwart & Steve McMillan, IOP ebooks, Online ISBN: 978-0-7503-1320-9 • Print ISBN: 978-0-7503-1830-3

COSMOLOGY

Titolare: Prof. SABINO MATARRESE

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

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali. Dimostrazioni al computer.

Contenuti:

Introduzione generale • Equazioni di Friedmann dalle equazioni di Einstein per la metrica di Robertson-Walker La Radiazione Cosmica di Fondo (CMB) • Equazione di Boltzmann e ricombinazione dell'idrogeno: oltre l'equazione di Saha • Equazione di Boltzmann nell'Universo perturbato: la funzione di distribuzione dei fotoni • Trattazione dei termini di collisione • Equazione di Boltzmann per i fotoni in approssimazione lineare • Equazione di Boltzmann per la

materia oscura fredda (CDM) in approssimazione lineare • Equazione di Boltzmann per i barioni in approssimazione lineare • Equazione di evoluzione per la funzione di brightness dei fotoni ? • Equazioni di Einstein perturbate al prim'ordine (perturbazioni scalari) • Condizioni iniziali • Evoluzione su scale super-horizon • Oscillazioni acustiche e limite di tight coupling • Free-streaming – ruolo della visibility function • Cenni sull'evoluzione dei potenziali gravitazionali e Silk damping • Espressione per i multipoli dell'anisotropia in temperatura ?! • Spettro angolare dell'anisotropia in temperatura ed effetto Sachs-Wolfe su grande scala • Piccole scale angolari: picchi acustici (cenni sul ruolo dei parametri cosmologici) L'instabilità gravitazionale • Instabilità gravitazionale nell'Universo in espansione • Equazioni di Boltzmann per un sistema di particelle non collisionali e il limite di fluido • Approssimazione di Zel'dovich • Approssimazione dell'Adesione. • Soluzione dell'equazione di Burgers 3D. • Approccio basato sull'eq. di Schroedinger. Metodi statistici in cosmologia • Ipotesi ergodica e di "fair sample" • Funzioni di correlazione a N-punti • Spettro di potenza e teorema di Wiener-Khinchine • Metodi di filtraggio • Up-crossing regions e picchi del campo di densità • Campi random Gaussiani e non-Gaussiani * Approccio a path-integral alle perturbazioni cosmologiche

Modalità di esame:

L'esame può essere svolto con due differenti modalità. 1. Esame orale tradizionale sugli argomenti fondamentali trattati nel corso. 2. (solo per gli studenti che abbiano frequentato il corso) Tesina scritta su un argomento trattato nel corso e concordato con il docente. La tesina dovrà contenere una trattazione approfondita dell'argomento scelto, basata sullo studio di articoli di review e/o capitoli di libri. Il contenuto della tesina, che verrà poi esposto durante un colloquio con il docente, dovrà altresì provare l'acquisizione da parte dello studente della conoscenza dei principali argomenti trattati a lezione.

Criteri di valutazione:

Capacità di elaborazione autonoma del materiale trattato a lezione.

Testi di riferimento:

Dodelson, S., Modern Cosmology. Amsterdam: Academic Press, 2003 Coles P. and Lucchin F., Cosmology: The Origin and Evolution of Cosmic Structure. Chichester: Wiley and Sons, 2001 Vittorio N., Cosmology. Boca Raton - London - New York: CRC Press - Taylor & Francis Group, 2018

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Appunti del docente sulla quasi totalità degli argomenti trattati.

DIGITAL SIGNAL PROCESSING

Titolare: Dott.ssa FEDERICA BATTISTI

Mutuato da: Scuola Galileiana di Studi Superiori - Classe di Scienze Naturali

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Il modulo prevede: - 20 lezioni frontali che diano una panoramica sulle tematiche e sulle metodologie, sugli scenari applicativi, e includano un approfondimento matematico sulle tematiche introdotte; - 4 lezioni di laboratorio atte a guidare gli studenti all'uso di programmi al calcolatore per il digital signal processing (MatLab). Le attività di didattica frontale prevedono l'utilizzo di tablet e pc (slide + inchiostro digitale).

Contenuti:

Il modulo prevede di coprire i seguenti contenuti: 1. Sistemi lineari tempo invarianti a tempo discreto; Sistemi descritti da equazioni lineari alle differenze finite; Trasformata Zeta e sue proprietà. 2. Discrete Fourier Transform (DFT): definizione, proprietà e guida all'uso in contesti pratici; algoritmi FFT; algoritmi di convoluzione veloce. 3. Progetto di filtri FIR a fase lineare: troncamento della serie di Fourier; campionamento della risposta in frequenza; progetto in norma di Chebyshev (algoritmo di Remez). 4. Progetto di filtri IIR col metodo della trasformazione bilare; filtri di Butterworth, Chebyshev e Cauer; trasformazioni di frequenza. 5. Sistemi lineari multi-rate: interpolazione e decimazione; Realizzazioni efficienti; Esempi di applicazioni.

Testi di riferimento:

Oppenheim, Alan V., Discrete-time signal processing / Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schaffer, with John R. Buck. [electronic resource]. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1999 Mitra, Sanjit K., Digital signal processing a computer-based approach. Boston etc: McGraw-Hill, 2001

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Gli argomenti del corso vengono illustrati in aula durante le lezioni frontali. Tutto il materiale didattico (slide, note, dispense) è reso disponibile sulla piattaforma "http://elearning.dei.unipd.it".

FINAL EXAMINATION

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: ; 22,00

Contenuti:

L'esame per il conseguimento della laurea magistrale consiste nella discussione di un elaborato scritto, in lingua inglese, contenente una presentazione critica del lavoro scientifico svolto, che deve avere carattere di originalità, accompagnata da adeguata bibliografia ed eventualmente da supporti informatici. La laurea si consegue con l'acquisizione di almeno 120 CFU, nel rispetto del numero massimo di esami o valutazioni finali del profitto indicati nel regolamento didattico del Corso. Lo studente dovrà inoltre aver superato con esito positivo la prova finale. 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 tirocinio inerente ad argomenti coerenti con il percorso formativo della laurea magistrale, che potrà essere svolta presso un laboratorio 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 Fisica e Astronomia. La tesi sarà scritta in lingua inglese. La discussione sarà svolta in lingua inglese. Il voto finale di laurea magistrale è espresso in centodecimi ed è costituito dalla somma: a. della media ponderata dei voti degli esami, pesati con i relativi crediti e rapportata a centodecimi; b. dell'incremento/decremento di voto, pure espresso in centodecimi, conseguito nella prova finale; c. dell'eventuale incremento di voto legato al premio di carriera. Qualora il candidato abbia ottenuto il voto massimo, può essere attribuita la lode. I criteri per la determinazione degli incrementi/decrementi di voto

sono deliberati dal Dipartimento di Fisica e Astronomia su proposta del CCL.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

GAME THEORY

Titolare: ELVINA GINDULLINA

Mutuato da: Scuola Galileiana di Studi Superiori - Classe di Scienze Naturali

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Un corso anche basilare di teoria della probabilità.

Conoscenze e abilità da acquisire:

L'insegnamento prevede l'acquisizione delle seguenti conoscenze e abilità, suddivise in due insiemi. 1: parte base. Apprendere e padroneggiare concetti teorici di base e avanzati della teoria dei giochi e saper risolvere problemi generali multi-obiettivo multi-agente con tecniche della teoria dei giochi. 2: parte applicativa. Sapere applicare i concetti della teoria dei giochi a scenari pratici, specialmente di tipo ICT; in questo contesto, e' di particolare interesse l'abilità di contestualizzare la teoria dei giochi come strumento di valutazione per l'efficacia della risoluzione tramite procedure multi-agente distributed.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni convenzionali con il supporto di slide. Prevista interazione su piattaforma moodle. Caricamento video via Kultura.

Contenuti:

Concetti base di teoria dei giochi Utilità, mercato, fattore di sconto Giochi statici in forma normale Dominanza, Equilibri di Nash Efficienza, prezzo dell'anarchia Giochi a somma zero, giochi minimax Strategie miste, equilibri misti Teorema di Nash, il teorema minimax The tragedy of the commons Giochi dinamici Strategie e sottogiochi Backward utility Equilibri di Stackelberg Giochi ripetuti, collaborazione Duopoli dinamici, collusione Cooperazione, pricing Informazione incompleta/imperfetta Giochi bayesiani, signaling, beliefs Principio di rivelazione Teoria dei giochi assiomatica Fictitious play Best response dynamics Ottimizzazione distribuita Game theory algoritmica Calcolo, complessità, e completezza dell'equilibrio Aste, bargaining Aste di primo e secondo prezzo Criterio VCG Giochi cooperativi, il nucleo, il valore di Shapley Allocazione delle risorse Utilità, scelte e paradossi Giochi potenziali, coordinazione Algoritmi bio-inspired Giochi evolutivi Reti cognitive Selfish routing Sistemi multi-input con teoria dei giochi

Modalità di esame:

In qualunque caso l'esame comprende un test scritto obbligatorio a libro aperto, dove vengono sottoposti diversi problemi di game theory allo studente su argomenti toccati durante il corso. Per ogni esercizio, vengono poste più domande, tipicamente tre. Per frequentanti, l'esame può coinvolgere lo sviluppo di un progetto in gruppi di 1-3 persone, su argomenti del corso applicati alle ICT. L'adesione a questa modalità e l'argomento del progetto sono concordati con il docente durante il corso. Se il test scritto è sufficiente, si può registrare il voto conseguito come voto finale dell'esame. Si può ulteriormente discutere il progetto sviluppato durante il corso con un esame orale, da svolgersi dopo l'esame scritto. Questi esami orali si svolgono nella stessa giornata di un esame scritto, ma non necessariamente bisogna presentarsi nella stessa giornata per l'esame scritto e la discussione orale del progetto. La discussione orale integra il voto dello scritto.

Criteri di valutazione:

Ogni domanda nei test scritti viene valutata fino a un massimo di 3 punti. La discussione del progetto viene valutata fino a 10 punti. Il voto finale è la somma numerica dei punteggi individuali delle domande e della discussione del progetto (se presente), limitata a 30. Un punteggio di 30 e lode è assegnato agli studenti il cui punteggio numerico è superiore a 31. Nella valutazione di ogni domanda scritta vengono tenuti in considerazione: - la pertinenza, la correttezza, e la completezza della risposta; - l'utilizzo appropriato delle terminologie, metodologie, e rappresentazioni formali tipiche della teoria dei giochi - l'acquisita capacità di problem solving - la capacità di discussione e verifica ex-post della soluzione trovata Nella valutazione del progetto (se presente) vengono tenuti in considerazione: - l'originalità della proposta e la pertinenza sia con le tematiche del corso che con le metodologie ingegneristiche tipiche dell'ICT - la qualità dell'esposizione orale - la capacità di lavoro di gruppo e la presenza di singoli contributi attribuibili ai partecipanti al progetto - la capacità di trarre conclusioni significative dal punto di vista scientifico grazie alle metodologie apprese nel corso

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Diversi libri forniscono una trattazione generale di teoria dei giochi. A mero titolo di suggerimento, si può usare il libro di Tadelis come riferimento in senso generale. Questa parte comunque dovrebbe essere integrata con materiale per le applicazioni. Il libro di MacKenzie e DaSilva è un buon esempio, anche se non è obbligatorio usare un libro per questo scopo (si può fare riferimento anche a materiale trovato in rete). In ogni caso, il docente fornirà agli studenti tutte le dispense delle lezioni e appunti aggiuntivi.

GENERAL RELATIVITY

Titolare: Prof. MARCO PELOSO

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

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenza della Relatività Speciale

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni. Compiti assegnati settimanalmente

Contenuti:

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

LABORATORY OF COMPUTATIONAL PHYSICS (C.I.)

Titolare: Prof. MARCO ZANETTI

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Prerequisiti:

Il corso non prevede propedeuticità, tuttavia si assume la frequenza di almeno due corsi di laboratorio di fisica alla laurea triennale.

Conoscenze e abilità da acquisire:

La finalità didattica del corso è l'insegnamento delle principali tecniche di analisi dati e la loro messa in pratica per la risoluzione di problemi fisici concreti. Le lezioni frontali saranno volte ad esporre e rivedere dettagliatamente le problematiche tipiche legate all'estrazione di informazione da dataset fisici complessi. Gli studenti saranno in grado di cogliere, sintetizzare e visualizzare le caratteristiche dei dataset. Impareranno inoltre a confrontare quantitativamente e criticamente le previsioni teoriche con i dati sperimentali. Gli studenti dovranno mettere poi in pratica tali conoscenze in esperienze laboratoriali di analisi dati. Queste ultime si baseranno su dataset relativi ad ambiti scientifici diversi, dalla biofisica, alla astronomia, alla fisica delle alte energie.

Modalità di esame:

Per accertare l'acquisizione delle competenze relative al corso verranno valutate le relazioni sulle esperienze di laboratorio assegnando a queste ultime un punteggio; tale punteggio dovrà essere confermato da una prova orale, durante la quale verranno verificate anche le conoscenze di carattere teorico. Si prevede che la prova orale sarà divisibile in due parti, ciascuna relativa ad uno dei due moduli di cui è composto il corso.

Criteri di valutazione:

Le relazioni sulle esperienze di laboratorio dovranno rispettare gli standard di una pubblicazione scientifica. L'elaborazione dei dati dovrà essere adeguata al problema da risolvere e dovrà dimostrare sia originalità che comprensione delle metodologie classiche. Durante la prova orale, oltre alla discussione critica delle relazioni, si accerteranno le competenze teoriche acquisite durante le lezioni frontali.

Moduli del C.I.:

Laboratory of computational physics (Mod. A)

Laboratory of computational physics (Mod. B)

LABORATORY OF COMPUTATIONAL PHYSICS (MOD. A)

Titolare: Prof. MARCO ZANETTI

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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

Contenuti:

- Schema di funzionamento dei calcolatori e delle loro principali componenti. Ottimizzazione dello hardware finalizzata a varie problematiche in ambito di calcolo scientifico: calcolo parallelo, reti e calcolo distribuito - Il linguaggio di programmazione Python: dalle basi alla programmazione avanzata per il calcolo scientifico; principali librerie per la gestione e l'analisi dei dati (numpy, scipy, pandas, scikit-learn, etc.) - Metodi Monte Carlo per la simulazione di fenomeni fisici - Estrazione delle principali proprietà statistiche da dataset fisici e confronto con predizione teorica - Visualizzazione e rappresentazione grafica dei dataset e delle loro proprietà

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Il corso prevede una parte di lezioni frontali (30%) e una parte di lezioni in laboratorio (70%) in aula informatica. Le ore di laboratorio saranno finalizzate ad

approfondire ed esercitare le tecniche di analisi dati illustrate durante le lezioni frontali. Verranno proposti esercizi da svolgere utilizzando le risorse di calcolo messe a disposizione dal Dipartimento di Fisica e Astronomia (cloud computing e HPC), nonché dei piccoli progetti di ricerca (esperienze di laboratorio) che gli studenti affronteranno in gruppi di lavoro

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Verranno fornite dispense di riferimento per la parte di programmazione in python e la descrizione delle sue principali librerie scientifiche. Si farà spesso riferimento a materiale didattico in formato Jupyter notebook, disponibile su repository pubbliche GitHub.

Testi di riferimento:

Rubin Landau, Manuel Paez, Cristian Bordeianu, Computational Physics. : Wiley-VCH,

LABORATORY OF COMPUTATIONAL PHYSICS (MOD. B)

Titolare: Prof. MARCO BAIESI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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

Contenuti:

* Metodi di discesa dei gradienti * Regolarizzazione: Ridge e LASSO * Apprendimento supervisionato e non supervisionato * Reti neurali e loro versione convoluzionale * Clustering * Visualizzazione di dati * Modelli basati sull'energia * Macchine di Boltzmann ristrette * Combinazione di modelli: bagging, random forests, boosting, XGBoost

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lo scopo di questo corso è di esporre gli studenti a strumenti moderni per classificare i dati e le tecniche di apprendimento automatico, in modo che possano applicare tali metodi nelle esperienze di laboratorio con i computer. La prima parte del corso (24 ore) è riservata a questo scopo di apprendere i principi generali attraverso le applicazioni, mentre la seconda metà del corso consente agli studenti, in piccoli gruppi, di sviluppare una comprensione più profonda di uno specifico argomento eseguendo un piccolo progetto. La prima metà del corso includerà spiegazioni teoriche di una procedura chiave per l'analisi dei dati o di una classe di algoritmi, seguite da esercizi pratici in cui gli studenti applicheranno le nuove idee al computer. Ci si aspetta che questo apprendimento per esperienza pratica migliori la comprensione degli strumenti teorici. L'analisi numerica comprende l'adozione e la modifica di software pre-costruito o lo sketch di semplici algoritmi da zero. Il testo principalmente seguito nel corso è una review open access: "A high-bias, low-variance introduction to Machine Learning for physicists" di Mehta et al, Physics Reports, 810, 1-124 (2019). Questa review fornisce anche utili notebook python per analizzare i dati ed è collegata a strumenti come il pacchetto scikit-learn. Alcuni di quei notebook sono utili per il corso, ma in varie lezioni si scrivono nuovi notebook da zero.

Testi di riferimento:

P. Mehta, M. Bukov, Ching-Hao Wang, A.G.R. Day, C. Richardson, C. K. Fisher, D.J. Schwab, "A high-bias, low-variance introduction to Machine Learning for physicists". : ,

LIFE DATA EPIDEMIOLOGY

Titolare: Prof.ssa CHIARA POLETTI

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Il corso richiede nozioni anche non particolarmente avanzate di: - Teoria della probabilità. - Equazioni differenziali.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso mira all'acquisizione di conoscenze dei principali modelli matematici per l'epidemiologia e dei dati disponibili in scenari di salute pubblica, oltre che a modelli compartimentali analoghi in situazioni differenti come il web o i social media e i trend virali che si generano in essi. Lo studente acquisirà abilità di analisi e parametrizzazione dei modelli matematici, e la lettura di dati reali da contesti epidemiologici. Le competenze risultanti saranno la capacità di astrarre e applicare i modelli visti a lezione in vari scenari, sia tramite problemi quantitativi che in ottica progettuale con lavori di gruppo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Il corso svolgerà lezioni frontali con l'ausilio di materiale elettronico. Saranno possibili lezioni al computer in modalità laboratoriale guidata (replica di esperimenti passo-passo secondo le indicazioni dei docenti). Tutto il materiale verrà fornito in formato elettronico per la revisione da parte degli studenti durante lo studio individuale.

Contenuti:

Motivazioni e applicazioni dell'epidemiologia Modelli compartimentali per le epidemie Soluzioni dei modelli tramite equazioni differenziali Demografia ed equilibri Andamenti e reti temporali Epidemie su reti Modelli di metapopolazione per la diffusione spaziale Modelli data-driven e loro integrazione nell'epidemiologia computazionale Dati epidemiologici: sorveglianza, problematiche, e bias Modelli statistici e meccanicistici Fit a massima verosimiglianza Scenari di salute pubblica: analisi e predizioni

Modalità di esame:

Esame scritto su temi trattati nel corso e prova orale su progetto affidato a gruppi di studenti

Criteri di valutazione:

Il compito scritto assegna fino a 24 punti e deve risultare sufficiente perché il progetto venga valutato. Il progetto assegna fino a ulteriori 10 punti. Il compito scritto viene valutato sulla base della pertinenza, correttezza, precisione numerica, e livello di dettaglio delle risposte. Il progetto viene valutato sulla base dell'aderenza dello svolgimento rispetto ai compiti assegnati, all'originalità e correttezza dello sviluppo, alla chiarezza espositiva, e alla qualità generale della presentazione.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Tramite la pagina moodle del corso, verrà fornito tutto il materiale (appunti delle lezioni, materiale di consultazione, dati degli esperimenti, esercizi). Verranno seguiti fedelmente alcuni libri di testo indicati sotto in alcuni passaggi selezionati.

MACHINE LEARNING

Titolare: Prof. PIETRO ZANUTTIGH

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenze di base di Analisi Matematica, Probabilità, Statistica, Algebra Lineare, Algoritmi e elementi di base di programmazione.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Lo scopo del corso è di fornire i principi fondamentali del problema di apprendimento e di introdurre i principali metodi per la classificazione e la regressione. Il corso includerà esercitazioni in laboratorio. Alla fine del corso lo studente avrà le seguenti conoscenze ed abilità: 1. Conoscerà i principi fondamentali e le principali metodologie dell'apprendimento automatico. 2. Sarà in grado di affrontare problemi di apprendimento supervisionato e non supervisionato. 3. Saprà applicare queste metodologie a diversi scenari e problemi. 4. Sarà in grado di selezionare la metodologia più adatta alla soluzione di uno specifico problema di apprendimento sulla base delle caratteristiche del problema e dei dati a disposizione. 5. Avrà le competenze per utilizzare e adattare sistemi software in grado di risolvere i problemi considerati. 6. Saranno fornite anche competenze relative ad argomenti più avanzati tra cui i metodi di deep learning.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni teoriche con utilizzo sia di slides che della lavagna. Esercitazioni in aula con coinvolgimento degli studenti. Esercitazioni al computer (in laboratorio).

Contenuti:

Motivazioni, componenti del problema di apprendimento e applicazioni dell'apprendimento automatico. Apprendimento supervisionato e non supervisionato. 1. Introduzione all'apprendimento supervisionato: Dati, classi di modelli, funzioni di costo, modelli probabilistici e ipotesi sui dati. Regressione e Classificazione. 2. Complessità di un modello, compromesso tra complessità e generalizzazione (dimensione di Vapnik-Chervonenkis, errore di generalizzazione). 4. Modelli per la regressione: regressione lineare, regolarizzazione. 5. Metodi base per la classificazione: Regressione Logistica, Perceptron, Classificatore di Bayes. 6. Metodi "Kernel": Support Vectors Machines. 7. Reti Neurali e Deep Learning. 8. Validazione e selezione dei modelli: errore di generalizzazione, compromesso tra distorsione e varianza, cross validation. Determinazione della complessità del modello. 9. Apprendimento non supervisionato: clustering: K-means, metodi linkage-based. 10. Riduzione della dimensionalità: analisi delle componenti principali (PCA).

Modalità di esame:

La valutazione delle conoscenze e delle abilità acquisite viene effettuata mediante due contributi: 1. Una prova scritta a libro chiuso in cui lo studente deve risolvere dei problemi, al fine di verificare l'acquisizione dei principali ingredienti e strumenti del problema di apprendimento, la capacità analitica nel loro utilizzo e la capacità di interpretare i risultati tipici in un problema pratico di apprendimento. 2. Esercitazioni al computer (facoltative) rivolte all'acquisizione delle competenze, anche pratiche, per l'utilizzo degli strumenti di machine learning. Queste esercitazioni, da svolgere a casa, consentono di verificare la capacità di mettere in pratica i concetti teorici acquisiti. Lo studente deve produrre una breve relazione che descriva le metodologie utilizzate per risolvere il progetto assegnato assieme ai risultati ottenuti. Il voto finale sarà basato sulla prova scritta con un bonus fino ad un massimo di 3 punti per gli studenti che svolgeranno le esercitazioni di laboratorio.

Criteri di valutazione:

La valutazione con cui verrà effettuata la verifica delle conoscenze e delle abilità acquisite considera: 1. La completezza delle conoscenze acquisite per quanto riguarda gli strumenti per la predizione (regressione e classificazione). 2. La capacità di risolvere un problema di apprendimento attraverso le tecniche proposte. 3. La proprietà nella terminologia tecnica usata, sia scritta che orale. 4. L'originalità e indipendenza nella identificazione delle metodologie più adatte a risolvere uno specifico problema di apprendimento. 5. La capacità di interpretare i risultati in un problema pratico di apprendimento. 6. Abilità nell'utilizzo degli strumenti informatici per l'apprendimento automatico. 7. L'abilità analitica e pratica nell'uso di questi strumenti per la soluzione di semplici problemi.

Testi di riferimento:

Shalev-Shwartz, Shai; Ben-David, Shai, Understanding machine learning: From theory to algorithms. Cambridge: Cambridge University Press, 2014

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Il corso sarà basato sul libro di testo: "Understanding Machine Learning: from Theory to Algorithms" ad eccezione della parte su reti neurali e deep learning. Tutto il materiale didattico presentato durante le ore di lezione frontale, altro materiale aggiuntivo e informazioni dettagliate sulle modalità d'esame saranno resi disponibili sulla piattaforma elearning (<http://elearning.dei.unipd.it>).

MANAGEMENT AND ANALYSIS OF PHYSICS DATASET (C.I)

Titolare: da definire

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Prerequisiti:

Elementi di Analisi, Algebra, Statistica Elementi di base di programmazione Basics of Unix Shell scripting, Python, Git

Conoscenze e abilità da acquisire:

Gli scopi del corso sono i seguenti: 1) fornire conoscenza sulla struttura hardware di sistemi di processamento, trasporto e management dati con particolare attenzione ai sistemi real-time ed on-line e proporre laboratorio di programmazione hands-on di field-programmable gate arrays (FPGA), nel modulo A; 2) fornire un'introduzione alla gestione di grandi moli di dati e al calcolo parallelo e distribuito, nel modulo B Per il modulo A le lezioni frontali introdurranno conoscenze di base di elettronica digitale, elementi hardware per il calcolo, elementi di memoria e bus per il trasporto di dati. Le sessioni

hand-on permetteranno la conoscenza diretta e dettagliata di logiche FPGA) e la loro programmazione tramite il linguaggio di descrizione hardware VHDL. Per il modulo B, le lezioni frontali saranno volte a introdurre e menzionare componenti di data management e data processing per poter apprendere le basi di sistemi di computing anche complessi. Sessioni hands-on e di esercizi avranno lo scopo di far mettere in pratica gli aspetti introdotti nelle lezioni frontali in maniera operativa. Al termine del corso lo studente avrà acquisito le seguenti competenze: 1. Avrà compreso le principali problematiche relative all'hardware per il processamento, lo spostamento e l'immagazzinamento dei dati 2. Avrà acquistato dimestichezza con la programmazione Hardware di FPGA tramite il linguaggio VHDL 3. Conoscerà le principali problematiche di immagazzinamento e gestione dei dati 4. Avrà avuto modo di fare pratica con alcuni DataBase 5. Sarà stato esposto alla problematica del calcolo distribuito 6. Avrà svolto esercizi utilizzando framework di calcolo distribuito

Modalità di esame:

Ci saranno due esami distinti relativi ai moduli A e B. Riguardo all'esame per il Modulo A, si chiederà lo sviluppo di un progetto assegnato a fine corso su FPGA. L'esame verterà nella presentazione e discussione del progetto, in domande sul materiale presentato a lezione e nella presentazione e discussione di un articolo scientifico a scelta in una rosa di articoli proposti. Riguardo al Modulo B, l'esame comprenderà due parti, rispettivamente legate ai due moduli di data management and data processing. Agli studenti verrà richiesto di portare a termine progetti (singolarmente o a piccoli gruppi) riguardo gli argomenti di gestione e analisi dati trattati nel corso, e di discuterne le soluzioni adottate e i risultati ottenuti.

Criteri di valutazione:

La valutazione dei progetti sarà basata sull'accuratezza dello svolgimento, sulla completezza e correttezza della relazione, sulla sintesi e sulla eventuale presenza di estensioni originali del progetto. Valutazione dell'esposizione: sintesi, completezza, correttezza e accuratezza nella presentazione. Valutazione delle risposte: correttezza, completezza e accuratezza.

Moduli del C.I.:

Management and analysis of physics dataset (Mod. A)

Management and analysis of physics dataset (Mod. B)

MANAGEMENT AND ANALYSIS OF PHYSICS DATASET (MOD. A)

Titolare: Prof. GIANMARIA COLLAZUOL

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Contenuti:

PART I - Electronics for real-time data management systems 1) Data Sources - signal generation in sensors/detectors - early (analog) data processing (amplification, filtering, ...) - digitization (A/D, ADC, TDC, ...) - timing, sync and control signals distribution systems 2) Data Transport - Data Transport Architectures - Physical layers for data streams - Interconnections and buses 3) Real Time Data Processing - Digital ports and logics - Storage units - Memories - Processing units - focusing on FPGA - Parallel data streams 4) Real Time Data Filtering and System Control - Trigger generation and distribution - Transducers and System Control PART II - Hands-on Laboratory of data management with FPGA 1) Introduction to FPGA and intro to the ARTY A7 board 2) FPGA Programming framework, Simulation and Test-Bench 3) Combinational Logic Circuits 4) Sequential Logic Circuits 5) Virtual Input Output and Integrated Logic Analyzer 6) Arithmetic Operations - case study: DAC/ADC and FIR Filter 7) Finite State Machines 8) Memories 9) Buses and Protocols - case study: SPI interface for accessing Flash memory - case study: IPBUS - communication FPGA-PC via Ethernet interface NOTE - Examples and Case studies will be chosen in various fields: from High Energy Physics to Astro-particle and Space Physics Systems on satellites; from Nuclear Imaging Medicine to Low-Latency Market Data Feed Processing; from Biomedical and Neuro Sciences to Gravitational Wave Physics.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

- Frontal Lecturing (50%) + Hands-on Laboratory (50%) - Case studies, Problem based learning

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

- Slides and lecture notes (provided via Moodle)

Testi di riferimento:

Mark Zwolinski, Digital System Design with VHDL. : Prentice Hall, 2004

MANAGEMENT AND ANALYSIS OF PHYSICS DATASET (MOD. B)

Titolare: Prof. JACOPO PAZZINI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Contenuti:

Part 1) Data Management Introduction to data structures Storage Models Reliability Availability Authentication, Authorization Local and Distributed File systems Cloud storage Databases Part 2) Data processing Introduction to parallel processing Distributed Computing Systems and the Grid paradigm Cloud computing service models Virtualization Containerization Hadoop as a paradigm for big data processing Data processing with Spark Data processing with Dask Kafka as a distributed streaming platform

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali per gli argomenti introduttivi. Sessioni hands-on con esempi svolti dai docenti in live-coding. Esercizi ed esempi da svolgere in laboratorio di informatica.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Saranno rese disponibili le slides usate durante le lezioni, i notebook con le sessioni di esempi svolti, e il materiale per lo svolgimento di esercizi. Tutto il materiale del corso verrà reso accessibile attraverso la piattaforma Moodle.

Testi di riferimento:
CONTENUTO NON PRESENTE

MODELS OF THEORETICAL PHYSICS

Titolare: Prof. AMOS MARITAN

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Conferenza supportata da tutorial, compiti, problemi analitici e numerici

Contenuti:

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

Modalità di esame:

La prima parte della verifica delle conoscenze acquisite sarà valutata attraverso esercizi a casa e la partecipazione degli studenti alle discussioni di classe. La seconda parte sarà orale e si baserà su una discussione dei vari argomenti del corso.

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Note di lezione su Moodle

MOLECULAR SIMULATIONS

Titolare: Prof.ssa MONIKA FUXREITER

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

si veda versione in inglese

Conoscenze e abilità da acquisire:

si veda versione in inglese

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

si veda versione in inglese

Contenuti:

si veda versione in inglese

Modalità di esame:

si veda versione in inglese

Criteri di valutazione:

si veda versione in inglese

Testi di riferimento:

Warshel, Arieh, Computer modeling of chemical reactions in enzymes and solutions. New York : J. Wiley, 1991 Frenkel, Daan, Understanding molecular simulation from algorithms to applications. San Diego etc.: Academic press, 1996 Leach, Andrew R., Molecular modelling principles and applications. Harlow [etc: Prentice Hall, 2001

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

si veda versione in inglese

NETWORK MODELLING

Titolare: Prof. MICHELE ZORZI

Mutuato da: Scuola Galileiana di Studi Superiori - Classe di Scienze Naturali

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Il corso prevede conoscenze preliminari di: Analisi Matematica, Algebra Lineare, Probabilità, variabili aleatorie e processi aleatori. Per gli esempi trattati, e' utile (anche se non necessario) aver seguito un corso di base di reti e protocolli.

Conoscenze e abilità da acquisire:

L'obiettivo formativo del corso prevede l'acquisizione delle seguenti conoscenze e abilità: 1. Comprendere a fondo e saper usare la teoria della probabilita' e dei processi casuali per modellare sistemi reali e poterne valutare le prestazioni. 2. Acquisire strumenti analitici avanzati per la valutazione delle prestazioni di sistemi e reti 3. Saper tradurre la descrizione di un problema in un modello matematico che lo rappresenti 4. Sapere quali metriche di prestazioni si possono calcolare (e come) a partire da una rappresentazione matematica/probabilistica 5. Essere in grado di enunciare in maniera precisa e di dimostrare in maniera rigorosa i risultati teorici piu' importanti relativi agli argomenti principali del corso (catene di Markov, processi di Poisson, processi di rinnovamento)

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

L'insegnamento avviene mediante lezioni frontali alla lavagna, in quanto si ritiene che questa modalità di erogazione consenta di mantenere il giusto ritmo di presentazione degli argomenti e mantenga alta l'attenzione da parte degli studenti, con possibilità di interazione e coinvolgimento. Per verificare il livello di apprendimento durante il corso, vengono proposti allo studente esercizi o sviluppi da fare a casa, che verranno poi spesso svolti in aula durante una lezione successiva.

Contenuti:

1. richiami di probabilita' e processi casuali 2. catene di Markov: definizioni e risultati principali 3. catene di Markov: comportamento asintotico 4. processi di Poisson: definizioni e risultati principali 5. processi di rinnovamento: definizioni e risultati principali, comportamento asintotico 6. processi renewal reward, rigenerativi, e semi-Markov 7. esercizi e esempi di applicazioni Una lista dettagliata degli argomenti trattati durante il corso, con riferimenti specifici a capitoli e pagine dei testi, e' disponibile sul sito del corso sulla piattaforma elearning.

Modalità di esame:

La valutazione delle conoscenze e delle abilità acquisite viene effettuata mediante una prova scritta articolata in due parti. La parte A, della durata di 90 minuti e a libro aperto, consiste in undici domande numeriche raggruppate in quattro esercizi. Ogni domanda ha un valore di tre punti. La parte B, della durata di 60 minuti e a libro chiuso, consiste in tre domande teoriche (tipicamente dimostrazioni viste a lezione). Ogni domanda ha un valore di undici punti. Se studente totalizza almeno 15 punti nella parte A e la media dei punti fra parte A e parte B e' almeno pari a 18, quest'ultima puo' essere accettata come voto finale. Se il punteggio nella parte A e' inferiore a 15 o la media delle due prove e' insufficiente, l'esame non e' superato. Anche se la prova finale puo' essere superata sostenendo con successo il solo esame scritto (in due parti), lo studente puo' sempre richiedere di sostenere in aggiunta una prova orale se vuole migliorare il voto. La prova orale non sostituisce in nessun caso la prova scritta. Esempi di compiti sono disponibili sul sito del corso sulla piattaforma elearning, e vengono ampiamente trattati a lezione.

Criteri di valutazione:

La valutazione con cui verrà effettuata la verifica delle conoscenze e delle abilità acquisite considera: 1. La completezza e il grado di approfondimento delle conoscenze degli argomenti trattati durante il corso. 2. La capacita' di modellare un problema usando uno degli strumenti analitici visti a lezione 3. La capacita' di ottenere risultati numerici corretti negli esercizi proposti 4. La capacita' di sviluppare un ragionamento analitico in maniera rigorosa e completa.

Testi di riferimento:

H. Taylor, S. Karlin, An introduction to stochastic modeling. : Academic Press (3rd or 4th edition), 1998 D. Bertsekas, R. Gallager, Data Networks. : Prentice-Hall (2nd ed.), 1992 S. Ross, Applied probability models with optimization applications. : Dover (2nd ed.), 1996 S. Karlin, H. Taylor, A first course in stochastic processes. : Academic Press (2nd ed.), 1975 S. Ross, Stochastic processes. : Wiley (2nd ed.), 1996

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Il corso segue un libro di testo principale, con integrazioni da altri testi, appunti e articoli scientifici. Ad eccezione del libro di testo principale, tutto il resto del materiale didattico e' reso disponibile agli studenti sul sito del corso sulla piattaforma elearning, compresi esempi di compiti e esercizi proposti dal testo (con soluzioni).

NETWORK SCIENCE

Titolare: Prof. TOMASO ERSEGHE

Mutuato da: Scuola Galileiana di Studi Superiori - Classe di Scienze Naturali

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Il corso ha i seguenti prerequisiti: conoscenze in Teoria della Probabilità e Programmazione al Calcolatore in un qualunque linguaggio appropriato per lo studio delle reti (es., MatLab, Python, C, Java); conoscenze in Analisi Matematica e Algebra Lineare; ogni ulteriore conoscenza dei processi di rete in economia, biologia, telecomunicazioni, semantica, etc. può essere utile.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso ha le seguenti conoscenze e abilità attese: 1. Apprendere e interpretare criticamente le principali misure usate nell'analisi delle reti 2. Conoscere i principali modelli matematici che descrivono i processi di generazione di una rete 3. Saper riconoscere il livello di importanza dei nodi nella rete 4. Saper identificare comunità (ovvero gruppi coesi), anche parzialmente sovrapposte, usando soluzioni algoritmiche adeguate 5. Valutare il livello di robustezza/coesione di una rete 6. Conoscere i principali ambiti di applicazione, anche interdisciplinari, delle tecniche studiate 7. Essere in grado di sintetizzare l'analisi di una rete in un documento professionale 8. Essere in grado di implementare al calcolatore algoritmi atti all'analisi delle reti

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Il modulo prevede: - 16 lezioni frontali che diano una panoramica sulle tematiche e sulle metodologie, che comprendano una carrellata sugli scenari applicativi, e includano un approfondimento matematico sulle tematiche introdotte; - 4 esperienze di laboratorio atte a guidare gli studenti all'uso di programmi al calcolatore per l'analisi di una rete; - 4 lezioni interattive finalizzate a progetti interdisciplinari con gli studenti del corso gemello di Social Network Analytics.

Contenuti:

Il modulo prevede di coprire i seguenti contenuti: 1. Proprietà basilari di una rete: grafi, matrice di adiacenza, distribuzione del grado dei nodi, connettività, distanza e diametro, coefficiente di clustering. 2. Modelli di rete - Modello Erdos-Renyi; Grafi aleatori; Leggi di potenza e reti scale-free; Fenomeno dello small-world; Hubs; Generazione e espansione di una rete; Modello di Barabasi-Albert; Attaccamento preferenziale; Evolution networks. 3. Misure di centralità: Hubs and authorities; PageRank: teletrasporto, ranking su argomenti specifici, misure di prossimità, grado di fiducia; betweenness, closeness, centralità agli autovalori e di Katz. 4. Altre analitiche: omofilia (assortatività), polarizzazione, innovazione, clustering, robustezza, link prediction. 5. Rilevazione di comunità - Dendrogrammi; Metodo di Girvan Newman e betweenness; Ottimizzazione della misura di modularità (Louvain modularity); Clustering spettrale; Consensus clustering; Misura della similarità tra diverse soluzioni; Algoritmi per comunità sovrapposte. 6. Rappresentazione di una rete: funzionalità grafiche di Gephi e R/Python; algoritmi force-directed per la visualizzazione grafica di una rete. 7. Twitter Lab - Come estrarre una rete semantica da Twitter.

Modalità di esame:

La verifica delle conoscenze e delle abilità attese viene effettuata tramite lo SVILUPPO DI UN PROGETTO volto a verificare la capacità di applicazione della teoria in contesti anche interdisciplinari, e che richiede: la scelta, la raccolta dei dati e l'analisi di una differente rete per ogni studente; l'implementazione al calcolatore (in un qualsiasi linguaggio di programmazione noto allo studente) degli algoritmi richiesti per l'analisi; la stesura di una elaborato; la presentazione orale dei risultati del progetto. Si prevede un bonus fino a 3 punti per gli studenti frequentanti che partecipino ad un PROGETTO INTERDISCIPLINARE in collaborazione con gli studenti di scienza della comunicazione che frequentano il corso gemello di SOCIAL NETWORK ANALYSIS.

Criteri di valutazione:

I criteri di valutazione con cui verrà effettuata la verifica delle conoscenze e delle abilità attese saranno: 1. Completezza delle conoscenze acquisite 2. Capacità di analisi di una rete attraverso le tecniche proposte 3. Proprietà nella terminologia tecnica usata, sia scritta che orale 4. Originalità e indipendenza nella identificazione della rete oggetto di studio 5. Competenza e coerenza nell'interpretazione del significato delle misure analitiche ottenute 6. Abilità nell'utilizzo degli strumenti informatici nello studio delle misure analitiche di rete.

Testi di riferimento:

Barabási, Albert-László, Network Science. Cambridge: Cambridge University Press, 2016 Newman, Mark E. J., Networks: an introduction. Oxford: New York, Oxford University Press, 2010

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Tutto il materiale didattico è reso disponibile online @ <http://elearning.dei.unipd.it>

NEURAL NETWORKS AND DEEP LEARNING

Titolare: Prof. ALBERTO TESTOLIN

Mutuato da: Scuola Galileiana di Studi Superiori - Classe di Scienze Naturali

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Il corso richiede conoscenze di base di analisi matematica, algebra lineare e teoria della probabilità. È consigliabile aver familiarità con concetti base di machine learning. Indispensabili buone capacità di programmazione con linguaggio Python.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso tratta gli aspetti teorici e pratici delle moderne reti neurali artificiali, discutendone la rilevanza sia dal punto di vista delle applicazioni per l'intelligenza artificiale sia per la modellazione computazionale della cognizione umana e delle funzioni cerebrali. La discussione teorica dei vari tipi di reti neurali ed algoritmi di apprendimento automatico sarà affiancata ad esercitazioni pratiche al computer (framework PyTorch).

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

L'insegnamento è basato su didattica frontale per la parte teorica, e su esercitazioni al calcolatore per la parte pratica. Verranno impiegate tecniche di didattica interattiva (es: discussioni di gruppo su questioni aperte) per promuovere l'apprendimento interattivo e la capacità di riflettere sui concetti esposti.

Contenuti:

1. Modellazione computazionale dei sistemi neurali; basi di neuro-elettronica e principi di trasmissione sinaptica; modelli integrate-and-fire; principi di codifica efficiente e compressione dell'informazione. 2. Prospettiva storica delle ricerche sulle scienze cognitive e l'intelligenza artificiale. 3. Modellazione di

reti di neuroni: architetture di rete; codifica basata su rappresentazioni localistiche / distribuite / sparse; esempi dal sistema visivo. 4. Concetti di base di apprendimento automatico: discesa di gradiente, overfitting, regolarizzazione, cross-validazione. 5. Deep learning supervisionato: perceptrone; regola delta; error backpropagation; metodi avanzati per l'ottimizzazione di reti multi-strato; architetture convoluzionali; transfer learning; attacchi avversari. 6. Tecniche di interpretabilità e visualizzazione di features e rappresentazioni. 7. Reti ricorrenti: backpropagation through time, reti long short-term memory (LSTM). 8. Meccanismi di attenzione; Transformers; applicazioni per il natural language processing e per l'elaborazione di immagini. 9. Deep learning non supervisionato: apprendimento di manifolds, autoencoders. 10. Modelli generativi: memorie associative e macchina di Boltzmann; Deep Belief Networks; Autoencoders Variazionali; Generative Adversarial Networks. 11. Deep learning con rinforzo: TD-learning and Q-learning; tecniche on-policy ed off-policy; deep reinforcement learning; stato dell'arte e frontiere della ricerca. 12. Hardware per deep learning: implementazioni distribuite, neuromorphic computing.

Modalità di esame:

La valutazione delle conoscenze ed abilità acquisite consisterà nello svolgimento di 3 esercitazioni pratiche individuali, che verranno discusse durante l'esame orale. Le esercitazioni verteranno sull'implementazione software di modelli computazionali discussi durante il corso e dovranno essere descritte e commentate in un breve report. L'esame orale comprenderà anche domande generali sui concetti teorici trattati nel corso.

Criteri di valutazione:

Conoscenza degli argomenti trattati a lezione ed acquisizione dei concetti e delle metodologie presentati nelle esercitazioni pratiche.

Testi di riferimento:

Goodfellow, I., Bengio, Y., and Courville, A., Deep Learning. : MIT Press, 2016 Dayan, P., and L. F. Abbott, Theoretical neuroscience. : MIT Press, 2001

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Tutti gli argomenti verranno trattati durante le lezioni e le slides verranno rese disponibili sul sito del corso. Gli appunti degli studenti dovranno essere integrati con le nozioni contenute nei libri di riferimento e con materiale aggiuntivo (principalmente articoli scientifici) reso disponibile sul sito del corso.

NUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.ssa SILVIA MONICA LENZI

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

Periodo: l'anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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

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

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

QUANTITATIVE LIFE SCIENCE

Titolare: Prof. SAMIR SIMON SUWEIS

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Basi di processi stocastici e meccanica statistica. Se non si ha mai frequentato il corso di "Statistical Mechanics of Complex Systems" o "Models of Theoretical Physics" occorrerà recuperare alcuni argomenti attraverso ulteriore lavoro personale guidato da me.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Dopo aver completato il corso lo studente dovrebbe essere in grado di comprendere e spiegare i concetti di base e l'uso di tecniche avanzate per la modellizzazione di sistemi viventi. In particolare, lo studente dovrà 1) Acquisire la capacità di costruire un modello teorico fenomenologico appropriato basato sui dati disponibili di un certo sistema vivente 2) Fornire un resoconto delle quantità rilevanti e necessarie per descrivere il sistema (uso di modelli nulli). 3) Comprendere la forza e la limitazione di tali modelli 4) Mostrare una capacità analitica e computazionale per risolvere problemi relativi a sistemi viventi 5) Essere in grado di leggere e comprendere parte della letteratura (articoli scientifici) di questo campo di ricerca

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Il corso è organizzato in lezioni il cui contenuto è presentato alla lavagna, a volte con l'aiuto di immagini, diagrammi e video. L'insegnamento è interattivo, con domande e presentazione di casi studio, al fine di promuovere la discussione e il pensiero critico in classe.

Contenuti:

1. Theoretical Neuroscience - Basics in Neuroscience - Neural circuits & structure and function of brain networks - Wilson Cowan models - Stochastic whole brain models - Mean field approaches - Criticality in the brain - Controllability in brain networks 2. Statistical Mechanics of Ecological Systems - Neutral theory and emergent patterns in ecology - Dynamical Evolution of Ecosystems - Upscaling and Downscaling biodiversity - Species Interaction Networks - Consumer-Resource Models 3. Physical Models in Biology - Virus Dynamics - Bacterial Genetics - Molecular Population Dynamics - Gene expressions - Criticality in gene-regulation networks - Robustness and Adaptability in Living Systems.

Modalità di esame:

La prima parte della verifica delle conoscenze acquisite verrà valutata attraverso la partecipazione degli studenti alle discussioni di classe e un progetto da fare durante il corso. La seconda parte verrà condotta attraverso, una prova orale dove verrà chiesto di presentare il progetto e di rispondere domande aperte per testare le conoscenze sui concetti di base, il vocabolario scientifico, la capacità di sintesi e discussione critica acquisita durante il corso.

Criteri di valutazione:

I criteri utilizzati per verificare le conoscenze e le competenze acquisite sono: 1) comprensione degli argomenti trattati; 2) capacità critica di collegare le

conoscenze acquisite; 3) completezza delle conoscenze acquisite; 4) capacità di sintesi; 5) comprensione della terminologia utilizzata 6) capacità di utilizzare le metodologie analitiche e le tecniche computazionali illustrate durante il corso per risolvere o almeno affrontare i problemi fissati su sistemi complessi in cui la meccanica statistica svolge un ruolo importante.

Testi di riferimento:

May, Robert M., *Stability and complexity in model ecosystems* Robert M. May. Princeton: Princeton university press, 0 Dayan, Peter; Abbott, L.F., *Theoretical neuroscience computational and mathematical modeling of neural systems* Peter Dayan and L.F. Abbott. Cambridge: London, MIT press, 0 Nelson, Philip; Bromberg, Sarina; Hermundstad, Ann; Prentice, Jason, *Physical models of living systems* Philip Nelson with the assistance of Sarina Bromberg, Ann Hermundstad, and Jason Prentice. New York: W. H. Freeman and Company, 2015

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Oltre ad alcuni libri suggeriti, i materiali (note e articoli pubblicati) saranno messi a disposizione agli studenti su Moodle.

QUANTUM INFORMATION AND COMPUTING

Titolare: Prof. SIMONE MONTANGERO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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.)

RELATIVISTIC ASTROPHYSICS

Titolare: Prof. GIACOMO CIANI

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

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

Fondamenti di relatività generale; teoria linearizzata e onde gravitazionali (OG). Meccanismi di generazione di OG e sorgenti astrofisiche. Comprensione dei principi di funzionamento, principali limitazioni e prospettive future dei rivelatori di OG. Elementi di analisi dei segnali gravitazionali. Panoramica sullo stato attuale dell'astronomia con OG.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali con teoria ed esempi

Contenuti:

Elementi di relatività generale. Onde gravitazionali (OG) nella teoria linearizzata; TT-gauge e detector frame; interazione con la masse in caduta libera e corpi rigidi. Generazione di OG. Approssimazioni di quadrupolo e post-newtoniana. Perdita di energia e momento per emissione di OG. Esempi di sorgenti di OG: sistemi binari stabili e coalescenti, corpi rigidi rotanti, inspirals con rapporto di massa estremo. Rivelazione di OG. Il sistema di Hulse-Taylor. Fondamenti di segnali stocastici e teoria del rumore. Barre risonanti. Moderni interferometri per OG: principi di base, sorgenti di rumore, limitazioni fondamentali e tecniche. Esperimenti futuri. Cenni di analisi dei dati. Astronomia e scienza con le onde gravitazionali. Osservazioni attuali di collisioni fra buchi e neri e fra stelle di neutroni. Test della relatività generale. Implicazioni astrofisiche. Astronomia multi-messaggero.

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

Hobson, M. P.; Efstathiou, George Petros, General relativity an introduction for physicists. Cambridge: Cambridge University Press, 2006 Maggiore, Michele, Gravitational waves Michele Maggiore. Oxford: Oxford University Press, 2008

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Le lezioni saranno basate su trasparenze preparate dal docente, che saranno rese disponibili agli studenti in anticipo rispetto alla lezione. Porzioni di altre risorse scritte verranno indicate quando utili per parti specifiche del corso.

SOLID STATE PHYSICS

Titolare: Prof. FRANCESCO ANCILOTTO

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

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

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

Modalità di esame:

Esame orale sul programma svolto a lezione.

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

STAGE

Titolare: Prof. MARCO ZANETTI

Periodo: II anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: ; 8,00

Contenuti:

L'attività di tirocinio può essere svolta presso un'azienda o un ente di ricerca. La tematica in entrambi i casi deve essere pertinente con gli argomenti trattati nei corsi di Physics of Data. La durata del tirocinio va da un minimo di 3-4 mesi ad un massimo di 6-7 mesi. L'attività di tirocinio dovrà essere supervisionata da un membro dell'azienda o dell'ente di ricerca e può essere il tema della tesi a completamento della prova finale

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

STATISTICAL MECHANICS

Titolare: Prof. ENZO ORLANDINI

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

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

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

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

STATISTICAL MECHANICS OF COMPLEX SYSTEMS

Titolare: Prof. AMOS MARITAN

Mutuato da: Scuola Galileiana di Studi Superiori - Classe di Scienze Naturali

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Buona conoscenza dell'analisi, calcolo e fisica di base. Per gli studenti di "Physics of Data" il corso vale 6 CFU. Tuttavia se non hanno una preparazione

adeguata in meccanica statistica sono incoraggiati a seguire tutti e 9 CFU

Conoscenze e abilità da acquisire:

Lo scopo del corso è quello di fornire allo studente una visione ampia su come la fisica teorica può contribuire a comprendere i fenomeni in una varietà di campi che vanno da argomenti come i sistemi in equilibrio termodinamico e fuori equilibrio, processi di diffusione e, più in generale, la fisica dei sistemi complessi. Particolare enfasi sarà posta sulle relazioni tra diversi argomenti che consentono un approccio matematico unificato in cui il concetto di universalità avrà un ruolo importante. Il corso tratterà una serie di sistemi fisici paradigmatici che hanno segnato l'evoluzione della fisica statistica nel secolo scorso. Ogni problema fisico, la sua modellazione e la sua soluzione saranno descritti in dettaglio usando potenti tecniche matematiche. Risultati: Uno studente che abbia raggiunto gli obiettivi del corso avrà l'abilità di: proporre modelli minimali ispirati alla meccanica statistica di sistemi naturali/complessi a partire da dati empirici; Risolvere i modelli utilizzando metodi analitici esatti ed approssimati e predire comportamenti verificabili sperimentalmente o da accurate e sofisticate analisi dei dati; Comprendere le predizioni dei modelli in termini di fasi, transizioni di fase, leggi di scala. Lo studente avrà le conoscenze adatte e la corretta predisposizione per affrontare e risolvere problemi di varia natura con modelli che catturano gli ingredienti essenziali.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Il corso è organizzato in lezioni il cui contenuto è presentato alla lavagna, a volte con l'aiuto di immagini, diagrammi e video. L'insegnamento è interattivo, con domande e presentazione di casi studio, al fine di promuovere la discussione e il pensiero critico in classe.

Contenuti:

Il programma può essere riassunto come segue Meccanica statistica ed Entropia Modello di Ising Principi variazionali in meccanica statistica Reti complesse. Principio di massima entropia e inferenza Processi di diffusione e dinamica stocastica Simulazioni Montecarlo Dinamica delle e sulle reti. Dinamica delle popolazioni con applicazioni agli ecosistemi Reti neurali

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

I criteri utilizzati per verificare le conoscenze e le competenze acquisite sono: 1) comprensione degli argomenti trattati; 2) capacità critica di collegare le conoscenze acquisite; 3) completezza delle conoscenze acquisite; 4) capacità di sintesi; 5) comprensione della terminologia utilizzata 6) capacità di utilizzare le metodologie analitiche e le tecniche computazionali illustrate durante il corso per risolvere o almeno affrontare i problemi fissati su sistemi complessi in cui la meccanica statistica svolge un ruolo importante.

Testi di riferimento:

Bressloff, Stochastic Processes in Cell Biology. : Springer, 2014 J. P. Sethna, Entropy, Order Parameters and Complexity. : Oxford, 2015

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Sethna, James. Statistical mechanics: entropy, order parameters, and complexity. Vol. 14. Oxford University Press, 2006. Bressloff, Paul C. Stochastic processes in cell biology. Vol. 41. Berlin: Springer, 2014. Appunti di lezioni e capitoli da altri testi

STRUCTURE OF MATTER

Titolare: Prof. LUCA SALASNICH

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

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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

Prerequisiti:

I corsi della laurea triennale in Fisica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

36 ore di lezioni teoriche e 12 ore di esercizi.

Contenuti:

1. Seconda quantizzazione del campo elettromagnetico. Proprietà del campo elettromagnetico classico nel vuoto. Gauge di Coulomb. Espansione in onde piane del potenziale vettore. Oscillatori quantistici e quantizzazione del campo elettromagnetico. Stati di Fock e stati coerenti del campo elettromagnetico. Energia di punto zero ed effetto Casimir. Campo elettromagnetico a temperatura finita. 2. Transizioni elettromagnetiche. L'atomo in presenza del campo elettromagnetico. La regola d'oro di Fermi. Approssimazione di dipolo. Assorbimento ed emissione spontanea e stimolata della radiazione: i coefficienti di Einstein. Regole di selezione. Tempi di vita degli stati atomici e larghezza di riga. Inversione di popolazione e luce laser. 3. Lo spin dell'elettrone. Equazioni di Klein-Gordon e Dirac. L'equazione di Pauli e lo spin. Equazione di Dirac con un potenziale centrale. Atomo di idrogeno relativistico e struttura fine. 4. Sistemi quantistici a molti corpi. Particelle identiche. Bosoni e condensazione di Bose-Einstein. Fermioni e principio di esclusione di Pauli. Approssimazioni di Hartree per i bosoni e l'equazione di Gross-Pitaevskii. Approssimazione di Hartree-Fock per i fermioni. Teoria del funzionale densità: teoremi di Hohenberg-Kohn, funzionale densità di Thomas-Fermi-Dirac-Von Weizsacker e funzionale densità di Kohn-Sham. 5. Seconda quantizzazione del campo di Schrodinger. Operatori di campo bosonici e fermionici. Stati di Fock e stati coerenti del campo bosonico di Schrodinger. Campo di Schrodinger a temperatura finita per bosoni e fermioni. Campo di materia per bosoni e fermioni interagenti. Bosoni in doppia buca di potenziale e modello di Bose-Hubbard a due siti.

Modalità di esame:

Esame orale di circa 30 minuti.

Criteri di valutazione:

Conoscenze acquisite e capacità espositiva.

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Libro scritto dal docente.

SUBNUCLEAR PHYSICS

Titolare: Prof.ssa DONATELLA LUCCHESI

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

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

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

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

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

Modalità di esame:

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

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Le lezioni saranno disponibili su Moodle.

THE PHYSICAL UNIVERSE

Titolare: Prof. SABINO MATARRESE

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

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Concetti fondamentali di meccanica quantistica e relatività speciale

Conoscenze e abilità da acquisire:

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali

Contenuti:

Concetti fondamentali dell'astrofisica galattica ed extra-galattica • La Classificazione delle galassie • Proprietà statistiche della popolazione galattica • Gruppi e ammassi di galassie Concetti fondamentali della Cosmologia • Componenti principali dell'Universo. Evidenza osservativa della presenza di materia oscura ed energia oscura. • Universo in espansione e Principio Cosmologico. • Elemento di linea di Robertson-Walker. Proprietà geometriche. • Costante di Hubble e parametro di decelerazione. • Definizioni di distanza in Cosmologia; redshift e legge di Hubble (trattazione approssimata a bassi redshift). •

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

Modalità di esame:

Esame orale

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

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.

THEORETICAL PHYSICS

Titolare: Prof. PIERPAOLO MASTROLIA

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

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

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

Testi di riferimento:

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Testi suggeriti e Lecture Notes

THEORETICAL PHYSICS OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS

Titolare: Prof. STEFANO RIGOLIN

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

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali di teoria e esercizi

Contenuti:

Programma: 1. Elettrodinamica Quantistica. Regole di Feynman e processi di scattering a livello albero (Rutherford, Compton e Bhabha scattering, Bremsstrahlung). 2. Teorie di gauge non-Abeliane: derivate covarianti e campi di gauge, termini cinetici per i campi di gauge e autointerazione. 3. La teoria

di gauge $SU(3)$ e la Cromodinamica Quantistica. L'algebra del "colore". Regole di Feynman ed ampiezze di scattering per gluoni e quarks ad ordine albero. 4. Teoria di gauge elettrodebole. Teoria di Fermi: regole di Feynman e decadimento del muone. La teoria di gauge $SU(2) \times U(1)$ e l'unificazione elettrodebole. 5. Rottura spontanea di una simmetria: il caso discreto e continuo. Teorema di Goldstone e meccanismo di Higgs. 6. Rottura spontanea della simmetria elettrodebole. 7. La Lagrangiana del Modello Standard per una e tre famiglie.

Testi di riferimento:

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