



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



Bollettino Notiziario - A.A. 2013/2014

## LAUREA IN FISICA

### Curriculum: Corsi comuni

### ANALISI MATEMATICA 1

**Titolare:** Dott. CORRADO MARASTONI

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 40A+24E; 8,00

**Sede dell'insegnamento:** Informazioni in lingua non trovate

**Aule:** Informazioni in lingua non trovate

**Prerequisiti:**

Funzioni elementari reali (potenze, modulo, esponenziale, logaritmo, goniometriche): principali proprietà, risoluzione di equazioni e disequazioni. Geometria analitica nel piano: rette, coniche in forma canonica, luoghi geometrici.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Conoscenza e padronanza delle principali proprietà topologiche della retta reale; delle nozioni di limite e di continuità, del calcolo differenziale e integrale per funzioni di una variabile reale; dei numeri complessi; delle tecniche di risoluzione delle equazioni differenziali ordinarie di base.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali; pubblicazione di dispense di teoria ed esercizi nella pagina web. Per stimolare gli studenti alla pratica autonoma del materiale appreso, durante il corso vengono pubblicati vari test di autoverifica con esercizi, seguiti dopo qualche giorno dalla descrizione dettagliata dello svolgimento.

**Contenuti:**

INSIEMI, RELAZIONI, FUNZIONI. Teoria elementare degli insiemi. Relazioni. Funzioni. Cenni alle strutture algebriche fondamentali (gruppi, anelli, corpi, spazi vettoriali; morfismi). NUMERI REALI. La retta reale, assioma di completezza, max e min, sup e inf. Densità dei razionali. NUMERI COMPLESSI. Numeri complessi. Esponenziale complesso: primi elementi. Equazioni algebriche. TOPOLOGIA DELLA RETTA REALE E SUCCESSIONI. Topologia euclidea della retta reale. Successioni reali. Esponenziale naturale e numero di Nepero, logaritmo naturale e potenza reale. Successioni e topologia. FUNZIONI DI UNA VARIABILE REALE: LIMITI, CONTINUITÀ. Generalità sulle funzioni di variabile reale. Limite. Continuità. Lipschitzianità. Funzioni iperboliche. Confronto locale, sviluppi asintotici. DERIVATE E STUDIO DI FUNZIONE. Derivazione. Crescenza, teoremi classici. Regola di de l'Hospital. Formula di Taylor. Studio di funzione: schema generale ed esercizi. INTEGRALI. Calcolo delle primitive. Integrale di Riemann. Area di zone limitate di piano. EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE DI BASE. Generalità. Analisi a priori. Problema di Cauchy. Equazioni differenziali del primo ordine a variabili separabili e lineari. Equazioni differenziali lineari: generalità, caso del secondo ordine a coefficienti costanti.

**Modalità di esame:**

Prova scritta, eventualmente seguita da una prova orale facoltativa.

**Criteri di valutazione:**

Lo studente dovrà dimostrare un sufficiente livello di conoscenza delle nozioni teoriche e di padronanza delle tecniche di calcolo apprese durante il corso.

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il testo di riferimento sono le note del docente, progressivamente pubblicate nella pagina web del corso. Si raccomanda tuttavia la frequenza assidua delle lezioni e la pratica costante delle esercitazioni sia nel corso delle lezioni che nel lavoro personale.

**ANALISI MATEMATICA 2**

**Titolare:** Prof. FRANCO RAMPAZZO

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 40A+24E; 8,00

**Prerequisiti:**

Analisi Matematica 1

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Integrazione di serie e funzioni di una variabile. La nozione di curva. Integrali di linea. Nozioni elementari di topologia: completezza, connessione, insiemi semplicemente connessi. Calcolo differenziale in più variabili. Campi vettoriali e 1-forme. Invertibilità locale e funzioni implicite. Estremi e punti stazionari.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni di teoria ed esercizi svolte su tablet proiettato su di uno schermo. Le lezioni saranno disponibili sulla piattaforma Moodle qualche giorno dopo lo svolgimento.

**Contenuti:**

Serie numeriche. Serie a termini positivi. Convergenza assoluta, criteri del rapporto e radice, di Leibniz. Serie di potenze, esponenziale complesso. Funzioni olomorfe. Serie di potenze, funzioni analitiche. Esponenziale complesso, funzioni circolari, logaritmo, potenza. Serie di Taylor, analiticità reale. Integrali generalizzati. Integrazione generalizzata per funzioni positive e per funzioni di segno oscillante. Funzione Gamma di Eulero. Curve parametriche. Spazi normati. Richiami su rette e coniche. Curve parametriche. Curve-grafico e curve piane in forma polare. Integrale vettoriale. Lunghezza, integrale d'arco. Topologia negli spazi metrici. Nozioni di topologia negli spazi metrici. Successioni. Limiti e continuità. Spazi metrici completi; lemma delle contrazioni. Altre nozioni di topologia: cammini, insiemi connessi per archi, omotopia, insiemi stellati e semplicemente connessi. Calcolo differenziale in più variabili reali. Richiami di algebra lineare (spazio duale e caso euclideo, forme quadratiche...) Derivate, differenziale, gradiente. Derivate ulteriori, formula di Taylor. Estremi locali su aperti. Forme differenziali lineari, esattezza e chiusura. Campi vettoriali, conservatività e irrotazionalità; rotore. Teorema del Dini. Diffeomorfismo locale, teorema della funzione inversa.

**Modalità di esame:**

Scritto con orale facoltativo.

**Criteri di valutazione:**

Sarà valutata la conoscenza delle definizioni, di alcune dimostrazioni di teoremi, e la capacità di applicare gli stessi in situazioni particolari.

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

1) Lezioni caricate su Moodle, 2) Giuseppe De Marco Analisi due. Teoria ed esercizi

**ANALISI MATEMATICA 3**

**Titolare:** Dott. PAOLO GUIOTTO

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 40A+24E; 8,00

**Prerequisiti:**

I contenuti dei corsi di Analisi I e Analisi II e del corso di Geometria. In particolare: calcolo differenziale in una e più variabili, calcolo integrale in una variabile, fondamentali di algebra lineare.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Calcolo differenziale su varietà differenziali (problemi di ottimizzazione su varietà differenziali) Tecniche di integrazione per le funzioni di più variabili (calcolo di aree, volumi e aree di superfici, flussi e circuitazioni di campi vettoriali) Analisi delle soluzioni di equazioni differenziali ordinarie (esistenza, unicità, proprietà qualitative delle soluzioni).

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali.

**Contenuti:**

Varietà differenziali. Teoremi delle immersioni e delle sommersioni. Curve piane regolari in forma parametrica, grafico, cartesiana. Varietà differenziali e spazio tangente nelle tre forme. Estremi vincolati, moltiplicatori di Lagrange. Estremi assoluti di funzioni continue su insiemi compatti ottenuti da unioni di varietà. Integrali multipli. Misura e integrale di Lebesgue su  $\mathbb{R}^n$ : descrizione e principali proprietà. Integrale multidimensionale. Integrale di volume su una varietà parametrica. Teoremi di Guldino. Teoremi classici di integrazione dei campi vettoriali. Operatori gradiente, rotore, divergenza. Flusso di campo attraverso una superficie. Teorema di Gauss, formula di Green, formula di Kelvin-Stokes. Equazioni differenziali ordinarie: teoria generale. Teoremi di Cauchy-Lipschitz. Equazioni differenziali autonome: principali proprietà, integrali primi. Sistemi autonomi nel piano, equazione differenziale totale. Tecniche di risoluzione per alcuni tipi di equazioni scalari. Equazioni differenziali ordinarie lineari. Generalità sulle soluzioni. Sistemi differenziali lineari del primo ordine a coefficienti costanti. Equazioni lineari scalari a coefficienti costanti.

**Modalità di esame:**

Scritto

**Criteri di valutazione:**

L'esame comprende la risoluzione di problemi che prevedono l'applicazione delle principali tecniche presentate nel corso nonché la verifica della padronanza della teoria, sia nei concetti fondamentali che nei risultati (teoremi).

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Dispensa del corso ed appunti delle lezioni on line.

**CAMPI ELETTROMAGNETICI**

**Titolare:** Prof. STEFANO GIUSTO

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Sede dell'insegnamento:** Informazioni in lingua non trovate

**Aule:** Informazioni in lingua non trovate

**Prerequisiti:**

Fisica Generale II, Fisica Moderna, Istituzioni di Metodi Matematici, Istituzioni di Fisica Matematica

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso si propone di esporre l'elettromagnetismo classico come prototipo di una teoria relativistica, evidenziando le caratteristiche che la teoria ha in comune con le teorie di campo che descrivono le altre interazioni fondamentali. Dopo una sezione introduttiva (1), che richiama in particolare il formalismo covariante, la sezione (2) presenta una riformulazione delle leggi dell'elettromagnetismo attraverso il principio di minima azione. L'importanza di questo principio, che costituisce in particolare il punto di partenza per la quantizzazione di un sistema classico, deriva dalla sua validità generale: esso risulta applicabile a qualsiasi teoria fisica. Nella parte centrale del corso (3 - 8), a carattere più fenomenologico, si derivano le soluzioni esatte più significative delle equazioni dell'elettromagnetismo, descriventi la generazione e la propagazione delle onde, e se ne analizza l'energia irradiata in molte situazioni fisicamente rilevanti. La parte finale è rivolta ad un'analisi delle inconsistenze interne dell'elettromagnetismo classico (9), risolvibili solo nell'ambito della Meccanica Quantistica, e a una possibile generalizzazione della teoria, riguardante i monopoli magnetici (10).

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni Frontali

**Contenuti:**

1) RICHIAMI DI RELATIVITA' RISTRETTA. I postulati della relatività. Il gruppo di Lorentz e il calcolo tensoriale. Cinematica e dinamica relativistiche. Le equazioni del moto dell'elettromagnetismo classico in forma covariante e la loro natura distribuzionale. Leggi di conservazione e covarianza delle costanti del moto. I tensori energia-impulso e densità di momento angolare relativistico. 2) IL FORMALISMO DELLA TEORIA CLASSICA DEI CAMPI. Metodi variazionali per un sistema a N gradi di libertà e per un sistema di campi relativistici. Località e invarianza di Lorentz. Teorema di Noether e invarianza di Poincaré. Principio di minima azione per un sistema di particelle interagenti con il campo elettromagnetico. Il tensore energia-impulso dell'Elettrodinamica. L'invarianza di gauge. 3) ONDE ELETTROMAGNETICHE. L'equazione delle onde e il problema alle condizioni iniziali. I gradi di libertà. Soluzione generale delle equazioni di Maxwell nel vuoto. Onde piane, polarizzazione, elicità. Effetto Doppler relativistico. Guide d'onda 4) GENERAZIONE DI CAMPI ELETTROMAGNETICI. Il metodo della funzione di Green. La soluzione generale delle equazioni di Maxwell. I campi di Lienard-Wiechert. Campi di velocità e campi di accelerazione. Il campo di una carica in moto uniforme. 5) IRRAGGIAMENTO. Il campo elettromagnetico nella zona delle onde e sue proprietà. Radiazione ed emissione di quadrupolo. Distribuzione angolare. Sviluppo in multipoli. Potenza emessa in approssimazione di dipolo e limite non relativistico: formula di Larmor, radiazione dovuta all'interazione coulombiana, stati legati e Bremsstrahlung, scattering Thomson e sezione d'urto di radiazione. Radiazione di quadrupolo e di dipolo magnetico. 6) IRRAGGIAMENTO RELATIVISTICO. Formula di Larmor relativistica. Perdita di energia per irraggiamento negli acceleratori circolari e lineari ad alte energie. Distribuzione angolare della radiazione nel limite ultrarelativistico. 7) ANALISI SPETTRALE. Analisi di Fourier della radiazione. Spettro discreto e spettro continuo. Frequenze dominanti a velocità piccole e a velocità ultrarelativistiche. Spettro continuo di bassa frequenza e catastrofe infrarossa. 8) EFFETTO CERENKOV. Aspetti fenomenologici principali e applicazioni dell'effetto Cerenkov. Spiegazione teorica. Determinazione del campo di una particella con velocità superiore alla velocità della luce in un mezzo. Derivazione della formula di Frank e Tamm per la potenza emessa. 9) REAZIONE DI RADIAZIONE. Forze di frenamento e forza di autointerazione infinita. L'equazione di Dirac-Lorentz e la violazione della causalità. Limiti intrinseci di validità dell'Elettrodinamica classica. Il problema dell'energia infinita del campo elettromagnetico. 10) MONOPOLI MAGNETICI. La dualità elettromagnetica. L'Elettrodinamica in presenza di particelle con cariche elettriche e magnetiche. La condizione di quantizzazione di Dirac.

**Modalità di esame:**

Orale

**Criteri di valutazione:**

Comprensione degli argomenti svolti a lezione, capacità di riprodurre le derivazioni dei risultati principali e di applicare i concetti appresi alla soluzione di problemi in modo autonomo.

**Testi di riferimento:**

L. Landau e E.M. Lifshitz, Teoria dei Campi. Roma: Editori Riuniti, 1976

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Note del corso di Campi Elettromagnetici di K. Lechner, reperibili in rete sul sito [elearning.unipd.it/fisica](http://elearning.unipd.it/fisica) Testo di approfondimento: D. Jackson, Classical Electrodynamics, 3a edizione, Wiley & Sons.

**CHIMICA**

**Titolare:** Dott. ANDREA VITTADINI

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Nozioni elementari di matematica.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Lo scopo del corso è di impartire le conoscenze di base necessarie a comprendere la natura dei legami chimici, prevedere le strutture molecolari, e a utilizzare le leggi che governano le reazioni chimiche.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Il corso consta di 48 ore di lezioni frontali.

**Contenuti:**

CONCETTI FONDAMENTALI. Fenomeni fisici e chimici. Stati di aggregazione della materia. Sistemi omogenei ed eterogenei. Elementi e composti chimici. ATOMI, MOLECOLE E IONI. Atomi. Molecole. Ioni. Masse relative degli atomi. Massa atomica. Massa assoluta degli atomi. Numero di Avogadro. Massa molecolare. STRUTTURA ATOMICA. I componenti degli atomi. La teoria quantistica. Distribuzione degli elettroni negli atomi. Numeri quantici. Principio di esclusione di Pauli. Regola della massima molteplicità di spin di Hund. Configurazioni elettroniche degli atomi. GLI ELEMENTI. Carattere periodico delle proprietà degli elementi. Il sistema periodico. Struttura elettronica degli elementi e costruzione della tavola periodica. FORMULE ED EQUAZIONI CHIMICHE. Formule. Formule minime. Composti binari e ternari. Nomenclatura. Rappresentazione delle reazioni mediante equazioni. Bilanciamento delle equazioni. IL LEGAME CHIMICO. Potenziale di ionizzazione. Affinità elettronica. Legame ionico. Energia reticolare. Legame covalente. Polarità del legame. Elettronegatività. Teoria del legame di valenza. Regola dell'ottetto. Strutture di Lewis. Formule di risonanza. Geometria molecolare. Metodo VSEPR. Polarità delle molecole. Interazioni intermolecolari. Legami ad idrogeno. Cenni su teorie del legame di valenza e dell'orbitale molecolare. Cenni sulla teoria del campo cristallino. PASSAGGI DI STATO. Tensione di vapore. Evaporazione. Ebollizione. Sublimazione. Diagrammi di stato. Punto triplo. Diagramma di stato dell'acqua e dell'anidride carbonica. SOLUZIONI. Processo di dissoluzione. Dissociazione elettrolitica. Solvatazione. Soluzioni acquose. Concentrazione. %, M, m. PROPRIETÀ COLLAGATIVE. Soluzioni. Abbassamento della tensione di vapore. Legge di Raoult. Innalzamento ebullioscopico e abbassamento crioscopico. Membrane semipermeabili. Pressione osmotica. CINETICA CHIMICA. Velocità di reazione. Influenza della temperatura. Cenni a Teoria delle collisioni. Energia di attivazione. Catalisi e catalizzatori. Ordine di reazione. EQUILIBRIO CHIMICO. Cenni di termodinamica chimica. Reversibilità delle reazioni chimiche. Legge di azione di massa. Principio dell'equilibrio mobile. Costante di equilibrio e sue espressioni.  $K_c$  e  $K_p$ . ACIDI E BASI. Acidi secondo Arrhenius, Brønsted-Lowry, Lewis. Coppie coniugate. Forza di acidi e basi. Costante di dissociazione. Equilibrio acido-base. Equilibri in soluzione acquosa. Prodotto ionico dell'acqua. La scala del pH. Neutralizzazione. Soluzioni tampone. Titolazioni. Acidi e basi mono e poliprotici. CONDUCEBILITÀ ELETTROLITICA. Conduttori metallici ed elettrolitici. Dissociazione elettrolitica. Dissociazione e conducibilità. Conducibilità specifica e molare. Diluizione e dissociazione. REAZIONI DI OSSIDO-RIDUZIONE. Ossidazione e riduzione. Numero di ossidazione degli elementi nei composti. Regole per il calcolo del numero di ossidazione. Bilanciamento stechiometrico delle reazioni di ossido-riduzione. ELETTROCHIMICA. Decorso chimico ed elettrochimico dei processi di ossido-riduzione. Semi-elementi. Pile. Forza elettromotrice. Potenziali standard. Elettrodi standard. Misura e calcolo della FEM delle celle galvaniche. Equazione di Nernst. Cenni su elettrolisi e corrosione. ELEMENTI E COMPOSTI. Chimica inorganica. Caratteristiche dei gruppi della tavola periodica. Caratteristiche dei principali elementi. Cenni di chimica organica. Idrocarburi alifatici (saturi e insaturi) e aromatici. Principali gruppi funzionali e loro caratteristiche.

**Modalità di esame:**

L'esame consiste in una prova scritta divisa in due parti. Nella prima sono previste delle domande a risposta multipla, il cui scopo è di accertare la comprensione teorica degli argomenti trattati nel corso. La seconda parte della prova consta di esercizi applicativi, che riguardano principalmente la previsione delle proprietà elettroniche e strutturali delle molecole, la stechiometria e la termodinamica chimica.

**Testi di riferimento:**

Petrucci - Harwood - Herring, Chimica Generale. : Piccin,

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Saranno messe a disposizione degli studenti le presentazioni powerpoint utilizzate durante la lezione.

<b>ELETRONICA ANALOGICA</b>
-----------------------------

**Titolare:** Prof. GIANMARIA COLLAZUOL

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Sede dell'insegnamento:** Informazioni in lingua non trovate

**Aule:** Informazioni in lingua non trovate

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

CONTENUTO NON PRESENTE

## FISICA GENERALE 1

**Titolare:** Prof. GIANNI ZUMERLE

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 72A+60E; 14,00

**Prerequisiti:**

Analisi Matematica I, Geometria. Analisi di funzioni; derivate ed integrali per funzioni con una variabile; equazioni differenziali lineari.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il metodo sperimentale, le leggi della meccanica del punto e dei corpi rigidi, le leggi della meccanica dei fluidi e della termodinamica

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Durante il corso, oltre alle lezioni di teoria e a quelle dedicate allo svolgimento di esercizi, sono previste una o due ore settimanali di tutorato, nelle quali vengono dibattuti argomenti o discussi esercizi segnalati dagli studenti.

**Contenuti:**

Grandezze fisiche, unità di lunghezza e di tempo. Dimensioni fisiche. Cinematica del punto: moto rettilineo, moto piano, moto circolare. Dinamica del punto: Massa inerziale; il concetto di forza. Le tre leggi di Newton. Cinematica e dinamica nei sistemi di riferimento accelerati. Forze di inerzia. Lavoro ed energia cinetica. Teorema dell'energia. Forze conservative. Energia potenziale. Moto armonico. Il sistema massa-molla. Quantità di moto. Impulso. Forze impulsive. I pendoli. L'oscillatore smorzato con attrito radente, con attrito viscoso. Risonanza. Proprietà elastiche dei solidi. Dinamica di sistemi di particelle: centro di massa. Q. di m. totale e sua conservazione. Momento angolare e delle forze per un punto materiale e per un sistema. Momento angolare intrinseco ed orbitale. Conservazione del momento angolare. Corpo rigido: Statica. Rotazione intorno ad un asse fisso. Urti tra corpi rigidi. Rotolamento. Rotazione intorno ad assi non di simmetria. Precessione. Giroscopio.. Leggi di Keplero. La forza di gravitazione universale. Le orbite dei satelliti. L'esperienza di Cavendish. Moto nel sistema di riferimento terrestre. Statica dei fluidi. Dinamica dei fluidi. Viscosità; cenni alla resistenza di scia e vorticosa. Equilibrio termico, principio zero della termodinamica cenni alla temperatura. Termometro a gas. Equilibrio termodinamico; equazione di stato. Lavoro. Energia interna; calore. Primo principio della termodinamica. Calori specifici; calori latenti; trasmissione del calore. Gas ideali: espansione libera; energia interna . Relazione di Mayer, equazione di Poisson. Macchine termiche. Secondo principio della termodinamica Reversibilità. Ciclo di Carnot. Teorema di Carnot. Temperatura termodinamica. Teorema di Clausius. Entropia. Principio dell'aumento dell'entropia; entropia ed energia inutilizzabile. Proprietà dei fluidi reali. Equazione di Clapeyron. Teoria cinetica dei gas. Cenni all'interpretazione statistica dell'entropia.

**Modalità di esame:**

Prova scritta ed esame orale. Per la prova scritta, in alternativa ai normali appelli di esame sono previste tre prove di accertamento intermedie svolte durante il corso.

**Testi di riferimento:**

A. Bettini, Meccanica e termodinamica. : Zanichelli, P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, Fisica 1. : Edises, F. Paccanoni, G. Zumerle, Fisica Generale 1 Raccolta di problemi di Meccanica e Termodinamica con soluzione guidata. : Libreria Progetto,

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Sul sito <https://elearning.unipd.it/fisica/> sono presenti alcuni (pochi) materiali non presenti nei testi di riferimento, le trasparenze usate a lezione, testi di esercizi relativi agli argomenti oggetto delle lezioni, proposti due volte a settimana, e relative soluzioni, esempi di prove di esame

## FISICA GENERALE 2

**Titolare:** Prof. FLAVIO TOIGO

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 72A+60E; 14,00

**Sede dell'insegnamento:** Informazioni in lingua non trovate

**Aule:** Informazioni in lingua non trovate

**Prerequisiti:**

Fisica generale 1, Analisi matematica 1, Analisi matematica 2 e Geometria

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

In questo corso si studiano i fenomeni elettromagnetici, partendo dall'osservazione sperimentale per giungere alla formulazione di leggi. Le conoscenze da acquisire riguardano le metodologie sperimentali per lo studio dei fenomeni elettrici e magnetici, statici e dinamici e della teoria che permette la loro descrizione formale, fino alla formulazione delle equazioni di Maxwell sia nel vuoto che nella materia. Tra i fenomeni elettromagnetici studiati, particolare attenzione sarà dedicata a quelli dell'ottica e quindi allo studio di onde e oscillazioni.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

L'insegnamento prevede lezioni frontali, con numerose dimostrazioni in Aula. Ove possibile, le lezioni sono integrate da filmati. La trattazione formale è corredata da esercizi illustrativi ed applicazioni.

#### **Contenuti:**

Legge di Coulomb. Sistema Internazionale di unità di misura. Campo elettrostatico. Potenziale elettrostatico. Legge di Gauss. Equazioni di Poisson e Laplace. Dipolo elettrico. Approssimazione di dipolo per un sistema di cariche. Proprietà dei conduttori in equilibrio. Schermo elettrostatico. Capacità; condensatore ideale. Energia di un sistema di cariche. Energia del campo elettrostatico. Dielettrici. Costante dielettrica. Polarizzazione. Cariche di polarizzazione. Vettore spostamento elettrico. Cenni su interpretazione microscopica del comportamento dei dielettrici. Correnti elettriche e densità di corrente. Conservazione della carica. Legge di Ohm. Effetto Joule. Generatori. Forza elettromotrice. Leggi di Kirchhoff. Cenni su superconduttività. Campo magnetico; forza di Lorentz. Moto di una carica in un campo magnetico. Frequenza di ciclotrone. Effetto Hall. Seconda legge di Laplace. Legge di Biot-Savart. Legge della circuitazione di Ampere. Potenziale vettore. Prima legge di Laplace. Forze tra correnti. Momento di dipolo magnetico. Induzione elettromagnetica. Legge di Faraday-Lenz. Mutua e auto-induttanza. Circuiti a costanti concentrate. Soluzioni stazionarie di circuiti con f.e.m. alternata. Impedenza complessa. Energia di un sistema di correnti. Proprietà magnetiche dei materiali. Vettore magnetizzazione. Correnti di magnetizzazione Vettore H. Ferromagnetismo; curva di isteresi. Cenni su interpretazione microscopica del comportamento magnetico dei materiali. Moto oscillatorio. Sistemi con due o più gradi di libertà. Oscillazioni di una corda tesa. Equazione delle onde. Onde armoniche. Relazione di dispersione. Cenni sull'analisi di Fourier. Onde progressive. Mezzi dispersivi e non-dispersivi. Riflessione delle onde. Impedenza caratteristica. Legge di Ohm per circuiti in corrente alternata. Impedenza complessa. Risonanza in circuiti RLC. Onde in tre dimensioni. Onde sonore. Intensità delle onde sonore. Equazioni di Maxwell. Densità e flusso di energia del campo elettromagnetico. Condizioni di raccordo sulla superficie di separazione tra due mezzi. Soluzioni delle equazioni di Maxwell in un mezzo omogeneo o in due mezzi omogenei diversi in contatto tramite una superficie piana. Onde elettromagnetiche. Esperimento di Hertz. Intensità delle onde elettromagnetiche. Campo di radiazione. Spettro delle onde e.m.. Propagazione degli impulsi. Velocità di gruppo. Misure della velocità della luce. Riflessione e rifrazione della luce dalle equazioni di Maxwell. Leggi di Snell. Assorbimento e indice di rifrazione complesso. Interferenza e diffrazione. Principio di Huygens-Fresnel. Esperimento dei fori di Young. Coerenza spaziale e temporale. Interferenza con lamine sottili. Frange di uguale inclinazione e uguale spessore. Reticolo di diffrazione. Potere risolutivo di un reticolo. Diffrazione da una fenditura e da una apertura circolare. Potere risolutivo di una lente. Diffrazione da molti centri disposti casualmente. Potere risolutivo di uno strumento ottico. Criterio di Rayleigh. Polarizzazione della luce: lineare, circolare, ellittica. Polarizzazione per riflessione (angolo di Brewster), per diffusione, per dicroismo. Legge di Malus. Analizzatori. Onde e.m. in mezzi non isotropi. Birifrangenza. Lamina a quarto d'onda. Birifrangenza artificiale. Attività ottica.

#### **Modalità di esame:**

L'esame prevede sia una prova scritta che una orale, nella stessa sessione di esame. La prova scritta è propedeutica all'orale. La prova scritta per l'ammissione all'orale nella sessione invernale ( alla fine del I semestre), può esser sostituita dalle prove scritte parziali (compitini) durante il semestre

#### **Criteri di valutazione:**

Nella prova scritta lo studente deve mostrare la capacità di risolvere dei semplici problemi sugli argomenti svolti nel corso. Nella prova orale lo studente deve mostrare la capacità di analizzare fenomeni elettromagnetici e la comprensione delle leggi fisiche che li descrivono.

#### **Testi di riferimento:**

A. Bettini, Elettromagnetismo. Bologna: Decibel-Zanichelli., A. Bettini, Le Onde e la luce. Bologna: Decibel-Zanichelli, P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, Fisica, vol. 2 Seconda Edizione. Napoli: Edises,

## FISICA MODERNA

**Titolare:** Prof. PIERALBERTO MARCHETTI

**Periodo:** Il anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 56A+24E; 10,00

#### **Prerequisiti:**

Analisi Matematica I,II,II, Geometria, Fisica Generale I e II.

#### **Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso illustra gli esperimenti e le considerazioni teoriche che hanno reso necessario il superamento della meccanica e dell' elettromagnetismo classico e l'introduzione della relatività ristretta e della meccanica quantistica. Nella prima parte si introdurrà la relatività ristretta spiegando le ragioni della sua formazione , la logica della sua struttura ed il carattere innovativo delle sue implicazioni . Nella seconda parte si mostreranno le evidenze che hanno portato al concetto di quantizzazione e si introdurranno le basi della meccanica quantistica e della fisica atomica.

#### **Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali di teoria e esercizi

#### **Contenuti:**

Prima Parte: Relatività Ristretta Trasformazioni di Galileo. Relatività galileiana. Elettromagnetismo e relatività galileiana. Esperimento di Michelson-Morely. I postulati della teoria della relatività ristretta. Osservatori e misure di spazio e tempo. Relatività della simultaneità. Trasformazioni di Lorentz. Diagrammi di Minkowski. Invarianza dell' intervallo spazio-temporale. Contrazione delle lunghezze. Dilatazione dei tempi. Coni luce e causalità. Composizione delle velocità. Effetto Doppler. Paradosso dei gemelli. Quadrivettori. Gruppo di Poincaré e gruppo di Lorentz. Grandezze covarianti e controvarianti. Tensori quadridimensionali. Tensore metrico. Leggi di trasformazione dei campi. Quadrivelocità, quadri-impulso, quadriforza. Energia cinetica. Energia totale ed energia di massa. Equivalenza massa energia .Relazione tra momento ed energia. Particelle di massa nulla. Descrizione generale degli urti: urti elastici ed anelastici. Invarianti cinematici. Urti a due corpi. Urti elastici. Decadimenti. Tensore elettromagnetico. Equazioni di Maxwell in forma covariante. Trasformazioni dei campi elettromagnetici. Invarianti elettromagnetici. Particella carica in un campo elettrico e/o magnetico costanti. Lagrangiana e principio variazionale per la derivazione delle equazioni del moto dell'elettrodinamica classica. Teorema di Noether e tensore energia-impulso Seconda parte: Introduzione alla meccanica quantistica Radiazione termica. Leggi di Stefan-Boltzmann e Wien. Modello di Raleigh-Jeans. Ipotesi di Planck. Radiazione cosmica di fondo. Effetto fotoelettrico. Fotoni. Fori di Young. Effetto Compton. Spettri atomici. Formule di Balmer e Rydberg. Modello di Thompson. Esperimento di Rutherford. Modello di Bohr. Esperimento di Franck-Hertz. Legge di Mosley. Ipotesi di De Broglie. L'esperimento di Davisson e Germer. Microscopio elettronico. Funzione d'onda ed interpretazione probabilistica.Velocità di gruppo. Interferenza degli elettroni. Principio di indeterminazione di Heisenberg. Equazione di Schrodinger. Valori di aspettazione. Operatori. Equazione di Schrodinger indipendente dal tempo. Autovalori ed autofunzioni. Particella in una buca di potenziale. Effetto tunnel. Atomo di idrogeno. Numeri quantici. Quantizzazione del momento angolare. Regole di selezione. Effetto Zeeman. Spin. Principio di esclusione di Pauli. Tavola periodica. Accoppiamento spin-orbita.

**Modalità di esame:**

Esame scritto e orale

**Criteri di valutazione:**

Verifica della comprensione della parte teorica del corso e della capacità di svolgere esercizi ad esso attinenti

**Testi di riferimento:**

A. Beiser, Concepts of Modern Physics. : Mc Graw Hill, 2003 R.A. Serway, C.J. Moses, C. A. Moyer, Modern Physics. : Brooks/Cole Pub Co, 2004 V. Barone, Relativita'. : Bollati Boringhieri, 2004

<b>FLUIDODINAMICA</b>
-----------------------

**Titolare:** Prof. GIAMPAOLO MISTURA

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

**Sede dell'insegnamento:** Informazioni in lingua non trovate

**Aule:** Informazioni in lingua non trovate

**Prerequisiti:**

Aver frequentato i corsi di Fisica Generale I e II e di Analisi.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso è finalizzato all'acquisizione delle conoscenze di base della dinamica dei fluidi newtoniani che posseggono inerzia e viscosità. Tramite continue analogie e confronti con le equazioni del campo elettromagnetico e con quelle dell'elasticità, permette inoltre di approfondire proprietà comuni dei mezzi continui.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali. Per meglio comprendere alcuni concetti fondamentali, durante il corso sono previste anche delle dimostrazioni in laboratorio e in video.

**Contenuti:**

Generalità sui fluidi. Validità ipotesi del continuo per un fluido. Proprietà fisiche dei fluidi: compressibilità, densità, viscosità. Fluidi newtoniani. Descrizione del campo di velocità. Derivata materiale. Equazione di continuità. Funzione di corrente di un flusso a simmetria 2D. Tensore degli sforzi di un fluido a riposo e in movimento. Equazione di Cauchy per un fluido. Equazione di Navier-Stokes per un fluido incomprimibile e newtoniano. Condizione di non-scivolamento alla parete solida. Similarità dinamica e numero di Reynolds Soluzioni analitiche equazione di Navier-Stokes: flusso di un film liquido su un piano inclinato; flusso di Couette; flusso di Taylor-Couette e analisi della sua stabilità; flusso di Poiseuille in una condotta di sezione arbitraria; flusso di Poiseuille in una condotta a sezione circolare; stabilità flusso di Poiseuille; teoria della lubrificazione. Moto oggetti in un fluido a bassi numeri di Reynolds: moto di una sfera, equazione di Stokes; moto di una sfera, equazione di Oseen; moto di un cilindro; moto cilindro per numeri di Reynolds compresi tra 1 e 100. Equazione della vorticità. Teorema di Bernoulli. Equazione dello strato limite. Strato limite su una superficie piana. Soluzione di Blasius e coefficiente di resistenza. Metodo di von Karman. Separazione dello strato limite. Forze viscosi esercitate da un fluido in moto su un oggetto. Forza di trascinamento, fattore di forma, resistenza viscosa. Coefficiente di trascinamento Cd. Variazione del Cd di un cilindro e di una sfera col numero di Reynolds. Regime supercritico e sue applicazioni nei giochi con palle. Introduzione alla turbolenza. Caratteristiche del regime turbolento. Equazioni del moto di un fluido ideale. Teorema di Kelvin. Equazione di Eulero. Equazione di Laplace per il potenziale velocità. Il principio di sovrapposizione. Unicità soluzioni equazione di Laplace. Moto di un cilindro in un fluido non viscoso. Effetto Magnus. Moto di una sfera in un fluido non viscoso. La portanza agente su un profilo alare. Ipotesi di Zhukhovskiy. Fenomeni interfacciali tra due fluidi. Tensione superficiale. Equazione di Laplace. Adesione capillare. Angolo di contatto. Produzione di micro gocce.

**Modalità di esame:**

Esame orale.

**Criteri di valutazione:**

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

**Testi di riferimento:**

P.K. Kundu, I.M. Cohen e D.R. Dowling, Fluid Mechanics. Oxford: Academic Press, 2012

<b>FONDAMENTI DI FISICA DEI PLASMI</b>
--

**Titolare:** Dott. GIANLUIGI SERIANNI

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Sede dell'insegnamento:** Informazioni in lingua non trovate

**Aule:** Informazioni in lingua non trovate

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

CONTENUTO NON PRESENTE

<b>GEOMETRIA</b>
------------------

**Titolare:** Prof. FRANCESCO BALDASSARRI**Periodo:** I anno, 1 semestre**Indirizzo formativo:** Corsi comuni**Tipologie didattiche:** 48A+16E; 8,00**Prerequisiti:**

Nessuno

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso fornisce le nozioni base dell'Algebra Lineare. Introduce anche le forme bilineari e le metriche sugli spazi vettoriali. Si daranno applicazioni delle precedenti nozioni alla Geometria del piano e dello spazio. Si studieranno anche gli invarianti fondamentali delle trasformazioni lineari e la loro interpretazione geometrica. Si tratteranno in breve le coniche e le quadriche.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali (50% del tempo) alternate con esercizi svolti in classe dal docente (rimanente 50% del tempo).

**Contenuti:**

Spazi Vettoriali, sottospazi, dipendenza lineare e basi. Dimensione di uno spazio vettoriale (finitamente generato). Lo spazio dei vettori geometrici (prodotto scalare e sue proprietà, norma di un vettore e disuguaglianza di Schwarz; prodotto vettoriale e prodotto misto). Somma e intersezione di sottospazi. Spazio vettoriale duale. Applicazioni lineari. Proiezioni e simmetrie. Matrici invertibili e cambiamenti di base. Rango di una matrice. Risoluzione di sistemi di equazioni lineari. Tecnica di eliminazione di Gauss. Funzioni multilineari alternanti. Il determinante di una applicazione lineare e alcune sue proprietà. Autovalori ed autovettori, polinomio caratteristico di un endomorfismo. Matrici diagonalizzabili. Forme quadratiche. Applicazioni bilineari simmetriche. Teorema Spettrale per matrici simmetriche reali. Cenni alle forme hermitiane. Spazi affini e sottospazi. Trasformazioni affini. Spazio euclideo. Isometrie. Parallelismo, incidenza, distanza, angoli e volume. Cenni alle coniche e alle quadriche.

**Modalità di esame:**

La prova scritta consiste nella risoluzione di alcuni esercizi. Nella prova orale saranno richiesti enunciati, dimostrazioni, definizioni, brevi esercizi.

**Criteri di valutazione:**

Sono indispensabili la conoscenza degli enunciati dei teoremi e la capacità di svolgere gli esercizi contenuti nel testo di riferimento. La conoscenza delle dimostrazioni è invece necessaria per ottenere un voto più alto ed è accertata con la prova orale.

**Testi di riferimento:**

M. Candilera, A. Bertapelle, Algebra lineare e primi elementi di Geometria. : McGraw-Hill Com, 2011

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il testo di riferimento è sufficiente. Si suggerirà del materiale disponibile online (Wikipedia principalmente)

<b>GEOMETRIA DIFFERENZIALE</b>
--------------------------------

**Titolare:** Prof. FRANCESCO BOTTACIN**Mutuato da:** Laurea magistrale in Matematica (Ord. 2011)**Periodo:** III anno, 1 semestre**Indirizzo formativo:** Corsi comuni**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00**Prerequisiti:**

Conoscenze basilari di analisi matematica, algebra lineare, geometria euclidea e topologia.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Calcolo differenziale e integrale sulle varietà differenziabili. Gruppi e algebre di Lie.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali. Distribuzione di fogli di esercizi da risolvere per casa.

**Contenuti:**

Varietà differenziabili, sottovarietà, morfismi tra varietà. Spazio tangente, il teorema di Frobenius. Fibrati vettoriali: il fibrato tangente (campi di vettori), il fibrato cotangente (1-forme), fibrati tensoriali (campi tensoriali). Forme differenziali. L'algebra esterna. Integrazione di forme differenziali. Il teorema di Stokes. Connessioni di Ehresmann. Connessioni su fibrati vettoriali, curvatura. Metriche. Geometria (pseudo)riemanniana. Gruppi e algebre di Lie (proprietà basilari). Gruppi di Lie classici e loro algebre di Lie. La mappa esponenziale.

**Modalità di esame:**

Prova scritta seguita da una prova orale.

**Criteri di valutazione:**

La valutazione del livello di apprendimento dello studente si basa sul risultato della prova scritta, integrata dalla valutazione ottenuta nella prova orale.

**Testi di riferimento:**

M. Abate, F. Tovena, Geometria Differenziale. : Unitext, Springer-Verlag Italia, 2011 G. Gentili, F. Podesta', E. Vesentini, Lezioni di Geometria Differenziale. : Bollati Boringhieri, 1995

**INTRODUZIONE AI RILEVATORI DI PARTICELLE**

**Titolare:** Prof. DARIO BISELLO

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Sede dell'insegnamento:** Informazioni in lingua non trovate

**Aule:** Informazioni in lingua non trovate

**Prerequisiti:**

Conoscenza dei fenomeni elettromagnetici, incluse onde elettromagnetiche. Nozioni di base di relatività ristretta e di meccanica quantistica.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Principi e metodi di rivelazione di particelle e della radiazione elettromagnetica. Come si misurano posizione, energia, quantità di moto, e velocità. Tecniche di accelerazione di particelle cariche.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Durante il corso verranno presentati mediante lezioni frontali gli argomenti riportati nella sezione "contenuti". Gli argomenti affrontati verranno corredati da esempi ed esercizi per una migliore comprensione le modalità di applicazione dei concetti esposti.

**Contenuti:**

A. Descrizione dei fenomeni fisici considerati: introduzione sulle grandezze misurate negli esperimenti di fisica subnucleare. Perdita di energia di particelle cariche. La formula di Bethe-Block, discussione e applicazioni quantitative ai rivelatori. Identificazione di particelle. Diffusione Colombiana multipla e calcoli relativi ai materiali più comuni utilizzati. Bremsstrahlung, lunghezza di radiazione, spettro della radiazione. Interazioni fotoni-materia, coefficiente di assorbimento, effetto fotoelettrico, effetto Compton, produzione di coppie, esempi quantitativi. Radiazione Cerenkov, energia emessa nel visibile e nel vicino ultravioletto; cenni alla radiazione di transizione. Interazioni nucleari. Scintillazione nei materiali inorganici ed organici. Perdita di energia in un gas, diffusione, effetto di un campo elettrico, velocità di deriva, effetto di un campo magnetico. Perdita di energia in un semiconduttore. B. Requisiti di rivelatori costruiti in base agli effetti descritti: contatori a scintillazione, contatori Cerenkov, contatori proporzionali. Camere a fili proporzionali, camere a deriva e TPC. Tubi a streamer limitato, RPC. Rivelatori a semiconduttore. Cenni all'elettronica di trigger e di lettura. Misura dell'energia (calorimetri), e misura della quantità di moto (spettrometri). Struttura generale dei rivelatori attuali. C. Gli acceleratori di particelle. Acceleratori elettrostatici. Acceleratori lineari. Ciclotrone. Il sincrotrone: stabilità trasversa, focalizzazione debole, oscillazioni di betatrone, matrici di trasporto, focalizzazione forte, quadrupoli e funzioni separate. Cenni all'emittanza, stabilità di fase, oscillazioni di sincrotrone, diagrammi di fase, struttura a pacchetti. Cenni alla radiazione di sincrotrone. Anelli di accumulazione: luminosità, accumulazione di antiprotoni, raffreddamento stocastico.

**Modalità di esame:**

Scritto seguito da eventuale discussione. Verrà sottoposto un testo con alcune domande e/o semplici esercizi numerici. Le risposte ai quesiti potranno essere oggetto di discussione subito dopo la prova scritta.

**Criteri di valutazione:**

Verranno valutati il livello di apprendimento degli argomenti in programma e la capacità di applicazione a casi pratici.

**Testi di riferimento:**

S. Tavernier, Experimental Techniques in Nuclear and Particle Physics. : Springer, 2010

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

E' a disposizione degli studenti copia delle trasparenze usate nel corso.

**INTRODUZIONE ALLA GRAVITAZIONE RELATIVISTICA**

**Titolare:** Dott. JEAN-PIERRE ZENDRI

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

**Sede dell'insegnamento:** Informazioni in lingua non trovate

**Aule:** Informazioni in lingua non trovate

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

CONTENUTO NON PRESENTE

## ISTITUZIONI DI FISICA DELLA MATERIA

**Titolare:** Prof. ALBERTO CARNERA

**Periodo:** III anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

**Prerequisiti:**

Le nozioni necessarie per affrontare il corso sono fornite dagli insegnamenti di Fisica Generale I° e II°, Fisica Moderna e Istituzioni di Fisica Teorica.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Lo studente imparerà ad applicare la meccanica quantistica a sistemi fisici reali. In particolare si applicheranno sistematicamente metodi approssimati (in particolare la teoria delle perturbazioni) e si acquisirà la capacità di valutare il peso delle approssimazioni fatte. Scopo fondamentale del corso è la costruzione di modelli quantomeccanici in grado di spiegare aspetti fondamentali degli spettri di emissione e di assorbimento degli atomi, il legame molecolare e le principali proprietà dei solidi. Le previsioni dei modelli saranno sistematicamente confrontate con le evidenze sperimentali.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali ed esercizi numerici. Descrizione di alcuni classici esperimenti e metodiche sperimentali.

**Contenuti:**

- Lo spettro dell'atomo di Idrogeno La struttura fondamentale dello spettro La rimozione della degenerazione nello spettro Le regole di selezione - L'atomo di He Generalità sul problema di sistemi a N particelle Atomi a due elettroni Funzioni d'onda di spin e principio di Pauli Lo spettro dell'atomo di He - Atomi a molti elettroni La tavola periodica degli elementi L'equazione di Schrödinger per gli atomi a molti elettroni Approssimazione di campo centrale Principio di esclusione e determinanti di Slater Perturbazioni rispetto alla approssimazione di campo centrale Accoppiamento L-S o di Russell-Saunders Effetto Zeeman - Struttura molecolare La molecola biatomica e l'approssimazione di Born-Oppenheimer La simmetria del problema Cenni generali sulle strutture molecolari il metodo LCAO 5 La molecola H<sub>2</sub> neutra Energia rotazionale e vibrazionale della molecola diatomica L'oscillatore anarmonico - I solidi cristallini Il reticolo cristallino Il reticolo reciproco La diffrazione dei raggi X Il reticolo con base e le regole di estinzione - Proprietà elastiche e termiche dei solidi Onde elastiche nei solidi Il calore specifico dei solidi Il calore specifico reticolare Il calore specifico elettronico e il gas di Fermi - Elettroni nei solidi cristallini Elettroni liberi nel solido Elettroni in un reticolo Il teorema di Bloch Conseguenze del teorema di Bloch La dinamica degli elettroni di Bloch Metalli, isolanti e semiconduttori

**Modalità di esame:**

Scritto e orale

**Criteri di valutazione:**

Si valuterà la capacità dello studente di comprendere le basi fisiche dei modelli proposti e l'ordine di grandezza delle energie in gioco nelle interazioni che essi descrivono.

**Testi di riferimento:**

C. Kittel, Introduzione alla Fisica dello Stato Solido. Milano: Casa Editrice Ambrosiana, 2008 B.H. Bransden and C.J. Joachain, Physics of Atoms and Molecules. Harlow - England: Prentice Hall, 2003

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

A supporto dei testi consigliati saranno disponibili in rete le dispense del corso e le slides utilizzate nel corso delle lezioni.

## ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA

**Titolare:** Prof. FRANCESCO FASSO`

**Periodo:** Il anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 80A; 10,00

**Prerequisiti:**

Analisi 1,2,3. Geometria. Fisica 1.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Comprensione approfondita della meccanica classica in un quadro matematico rigoroso e dei formalismi lagrangiano e hamiltoniano.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali, con teoria ed esercizi. Indicazioni (generalmente a cadenza settimanale) sullo studio da compiere, su esercizi da svolgere, con domande di autoverifica dell'apprendimento.

**Contenuti:**

Scopo del corso e' l'approfondimento della meccanica classica in un quadro matematico rigoroso e l'introduzione in questo ambito del formalismo lagrangiano e hamiltoniano. 1. Teoria qualitativa equazioni differenziali: Flusso di un'equazione differenziale. Integrali primi e derivata di Lie. Linearizzazione attorno ad un equilibrio. Ritratti in fase di sistemi lineari e conservativi nel piano. Stabilità degli equilibri; teoremi di Lyapunov. 2. Sistemi vincolati: Vincoli olonomi; varietà delle configurazioni e coordinate lagrangiane. Vincoli ideali. Energia cinetica, forze ed energie potenziale in coordinate lagrangiane. Equazioni di Lagrange: deduzione e forma normale. 3. Meccanica Lagrangiana: Invarianza delle equazioni di Lagrange; Lagrangiane equivalenti. Conservazione dell'energia. Potenziali dipendenti dalle velocità: forze elettromagnetiche nel formalismo Lagrangiano. Equilibri e stabilità: teorema di Lagrange-Dirichlet. Simmetrie ed integrali primi: teorema di Noether e riduzione alla Routh. Linearizzazione e piccole oscillazioni; modi normali. Introduzione minima ai principi variazionali della meccanica: equazione di Euler-Lagrange, principio di Hamilton; geodetiche e moti vincolati. 4. Introduzione alla Meccanica Hamiltoniana: Trasformata di Legendre. Equazioni di Hamilton. Parentesi di Poisson. Trasformazioni canoniche. Conservazione del volume.

**Modalità di esame:**

Scritto, unico, con teoria ed esercizi.

**Criteri di valutazione:**

L'esame mira ad accertare la conoscenza della materia e la capacità di risolvere esercizi ad essa pertinenti.

**Testi di riferimento:**

F. Fasso`, Dispense per il corso di istituzioni di Fisica Matematica.. ; ,

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il contenuto del corso e` coperto interamente da dispense del docente, che verranno rese disponibili all'inizio del corso in forma cartacea o digitale. Ottimi testi di consultazione sono: V.I. Arnold, Metodi Matematici della Meccanica Classica, Editori Riuniti G. Dell'Antonio, Elementi di Meccanica. I: Meccanica Classica , Liguori. G. Gallavotti, Meccanica Elementare, Boringhieri.

## ISTITUZIONI DI FISICA NUCLEARE

**Titolare:** Prof. ANDREA VITTURI

**Periodo:** III anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

**Prerequisiti:**

Corsi di Fisica Generale dei primi due anni, Fisica Moderna, Istituzioni di Meccanica Quantistica

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Lo studente acquisirà i principi di base della fisica nucleare e delle sue numerose applicazioni nel mondo moderno. Alla fine del corso lo studente acquisterà familiarità con gli elementi principali della struttura del nucleo, della radioattività e delle reazioni nucleari. Sarà anche in grado di comprendere i principali processi di interazione delle diverse radiazioni con la materia, che sono di utilità in tutti i campi della fisica.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Durante il corso verranno presentati mediante lezioni frontali i temi principali di fisica nucleare, riportati nella sezione "contenuti". Gli argomenti affrontati verranno corredati da esempi, esercizi e applicazioni della fisica nucleare.

**Contenuti:**

Particelle nucleari. Massa, carica, spin. Momenti magnetici. Massa e energia. Masse nucleari e loro unità di misura. Energia di legame, energia per nucleone e suo andamento. Raggi nucleari. Forze nucleari: il deutone. Energia di legame e buca di potenziale del deutone. Cenni alle forze nucleari: il potenziale di Yukawa, scambio di pioni. Livelli nucleari: energie quantizzate, momento angolare, parità. La carta dei nuclidi. Isotopi, isobari, isotoni. Valle di stabilità. Legge del decadimento radioattivo. Attività. Costante di decadimento, tempo di dimezzamento e vita media. Il  $^{14}\text{C}$  e il metodo di datazione. Catene radioattive e relative equazioni. Interazione della radiazione con la materia. Formula di Bethe-Block. Il picco di Bragg. Applicazione all'adroterapia. Il concetto di range. Interazione di elettroni con la materia. Interazione dei raggi gamma con la materia : effetto fotoelettrico, Compton e creazione di coppie  $e^+ e^-$ . Attenuazione dell'intensità dei raggi gamma attraverso la materia. Cenni di dosimetria. Il modello a goccia. La formula semi-empirica di massa. Modello a gas di Fermi: energia di Fermi. Il termine di pairing. Le parabole di massa e i decadimenti beta, il comportamento dei nuclei dispari-dispari. Modello a goccia e instabilità dei sistemi pesanti per fissione. Il modello a shell. L'ipotesi di campo medio e forze centrali. Principio di antisimmetria e regola di selezione di Pauli. Potenziale armonico: energie e numeri quantici. Chiusure di shell e numeri magici. Il potenziale di Woods-Saxon. Il termine di spin-orbita. Regole di accoppiamento di due momenti angolari. Spin e energie dello spettro a bassa eccitazione dei sistemi dispari attorno ai nuclei

doppiamente magici. Gli spin degli stati fondamentali dei sistemi pari-pari e primi livelli eccitati nei sistemi con due particelle fuori da una shell chiusa. Modelli collettivi e loro evidenze sperimentali. Sviluppo multipolare della superficie nucleare. Vibrazioni della superficie. Evidenze sperimentali di spettri caratterizzati da strutture a bande rotazionali. Il modello rotazionale. Il decadimento alfa. Legge di Geiger-Nuttall. Fattore di preformazione. Esempi basati su schemi di modello a shell. Modello di Gamow. Penetrazione di barriera in approssimazione WKB. Esempi. Il decadimento beta e l'ipotesi del neutrino. Teoria di Fermi del decadimento beta. Probabilità di transizione e forma dello spettro energetico beta. Energia totale di decadimento e diagramma di Kurie. Transizioni di tipo Fermi e di Gamow-Teller. Transizioni superpermesse, permesse e proibite. Il parametro  $\log_{10}(f t_{1/2})$  della transizione. Processo di Cattura elettronica. Decadimento gamma. Formule semiclassiche per la potenza irradiata da un dipolo, da un quadrupolo elettrico. Formule quantistiche per la probabilità di transizione. Classificazione delle transizioni gamma, La quantità  $B(\gamma)$ . La stima di Weisskopf. Le  $B(E2)$  accelerate e loro relazione a possibili fenomeni collettivi. Reazioni nucleari. Tipologia dei vari tipi di reazioni possibili. Reazioni nucleari a due corpi: cinematica relativa. Conservazione dell'impulso e dell'energia. La barriera Coulombiana. Sezione d'urto. Sezione d'urto differenziale. Sezione d'urto Coulombiana. Descrizione semiclassica e quantistica di una sezione d'urto. Reazioni dirette e loro selettività. Reazioni indotte da ioni pesanti: fusione, elastiche, inelastiche, deep-inelastiche. Reazione di fusione nelle stelle.

**Modalità di esame:**

Esame orale

**Criteri di valutazione:**

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

**Testi di riferimento:**

J. S. Lilley, NUCLEAR PHYSICS, Principles and Applications. : J. Wiley & Sons, 2007

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Oltre al testo consigliato, vengono indicate agli studenti altri testi moderni di fisica nucleare. Per alcuni temi vengono messe a disposizione degli studenti su WEB le slides presentate durante le lezioni.

## ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA

**Titolare:** Prof. FERRUCCIO FERUGLIO

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 60A+36E; 12,00

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

CONTENUTO NON PRESENTE

## ISTITUZIONI DI METODI MATEMATICI

**Titolare:** Prof. MARCO MATONE

**Periodo:** II anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 32A+24E; 6,00

**Prerequisiti:**

Adeguate conoscenze dei contenuti dei corsi di analisi matematica. In particolare, la teoria della misura di Lebesgue, svolta ad analisi III, è considerata prerequisito.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Adeguate conoscenze dell'analisi complessa, della serie e della trasformata di Fourier, degli spazi Hilbert e della teoria delle distribuzioni.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali.

**Contenuti:**

A. Funzioni analitiche 1. Condizioni di Cauchy-Riemann. 2. Laplaciano su C. Funzioni armoniche e analitiche. Determinazione di una funzione analitica dalla sua componente reale o immaginaria. 3. Trasformazioni conformi e funzioni analitiche. 4. Integrazioni su C. Disuguaglianza di Darboux. Teorema di Cauchy. Teorema di Morera. Rappresentazione integrale di Cauchy. Teorema della media. Teorema di Liouville. 5. Studio delle serie nel campo complesso. Teorema di Weierstrass sulle serie. 6. Serie di Taylor. Serie di Laurent. 7. Zeri e poli di una funzione. Singolarità isolate. Singolarità essenziali isolate e non. Teoremi di Casorati-Weierstrass e di Picard sulle singolarità essenziali (enunciati). Punto all'infinito. Residui. 8. Teorema dei residui. Residuo all'infinito. 9. Funzioni intere, meromorfe e razionali. Indicatore logaritmico. Teorema fondamentale dell'algebra e residui della derivata logaritmica di polinomi. Principio dell'argomento e indice di avvolgimento. 10. Lemma di Jordan e sue applicazioni. 11. Integrazione nell'ambito della teoria dei residui, integrazione di funzioni trigonometriche, integrazioni riconducibili ad integrazioni gaussiane. 12. Parte principale di un integrale. La prescrizione epsilon. Rappresentazione integrale della funzione di Heaviside. B. Spazi  $L_p$ , serie di Fourier, spazi di Banach e di Hilbert 1. Spazi vettoriali infinito dimensionali. Notazione di Dirac. Prodotto scalare. 2. Funzioni quasi dappertutto nulle. Funzioni a quadrato sommabili. 5. Numerabilità dei sistemi O.N. in  $L_2$ . Approssimazione in media e completezza. 6. Spazi di Banach. Equivalenza tra continuità e limitatezza dei funzionali lineari su spazi di Banach. Spazi  $L_p$ . Disuguaglianza di Holder. 7. Spazi pre-hilbertiani. Disuguaglianza di Schwarz. Spazi di Hilbert. Isomorfismi e operatori unitari. Sottospazi chiusi di spazi di Hilbert e loro ortogonali. Teorema della proiezione (enunciato). 8. Lemma di Riesz. 9. Sistemi completi in  $L_2$ , polinomi ortogonali, formula di Rodriguez, polinomi di Jacobi, Gegenbauer, Legendre, Laguerre, Hermite. C. Distribuzioni 1. Funzioni di prova, funzioni a supporto compatto. Lo spazio delle funzioni test di Schwartz  $S$  e delle distribuzioni temperate  $S'$ . Iniezioni di  $S$  e  $L_p$  in  $S'$ . 2. Distribuzioni temperate regolari. Trasformazioni lineari e loro azioni su  $S'$ . Derivata di una distribuzione. 3. Funzione di Heaviside, delta di Dirac. 4. Spazio dei moltiplicatori. 5. Convoluzione. 6. Trasformata di Fourier. Teoremi di Fourier, Plancherel, Riemann-Lebesgue (enunciati). 7. Trasformata di Fourier di una convoluzione. 8. Funzioni di Green.

**Modalità di esame:**

Prova scritta e orale

**Criteri di valutazione:**

Prova scritta e successiva prova orale sui contenuti del Corso elencati nel programma.

**Testi di riferimento:**

C. Rossetti, Metodi Matematici della Fisica. : Levrotto e Bella, 2000 C. Rossetti, Esercizi di Metodi Matematici. : Levrotto e Bella, 2001 M. Reed e B. Simon, Functional Analysis I. : Academic Press, 1980 Logunov, A.I. Oksak e I.T. Todorov, General Principles of Quantum Field Theory, Series: Mathematical Physics and Applied Mathematics, Vol. 10, : Springer, 1990

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Sono disponibili delle dispense relative riguardanti: completamento di argomenti di analisi complessa, spazi di Banach e di Hilbert, teoria delle distribuzioni, trasformata di Fourier e funzioni di Green. Sono anche disponibili i testi di tutte le prove scritte, risolte e commentate, del periodo 2008-2013

## LABORATORIO DI FISICA

**Titolare:** Prof. MAURIZIO MORANDO

**Periodo:** III anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 32A+72L; 10,00

**Prerequisiti:**

Esperimentazioni di fisica I e II Fisica I e II

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Messa a punto di un apparato per un esperimento. Analisi critica risultati.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

lezioni teoriche introduttive. Lavoro in laboratorio

**Contenuti:**

messa a punto degli apparati, acquisizione dati per i seguenti esperimenti: 1. spettroscopia ottica 2. Effetto zeeman 3. Verifica della legge dell'inverso del quadrato per una sorgente puntiforme, tramite la rivelazione di fotoni con un rivelatore al silicio 4. Verifica delle caratteristiche della legge del frenamento di particelle cariche con una camera a ionizzazione

**Modalità di esame:**

relazioni ed esame orale

**Criteri di valutazione:**

50% valutazioni delle relazioni di laboratorio 50% valutazione dell'esame

**Testi di riferimento:**

Melissinos, Experiments in Modern Physics. : Academic Press, 2003

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Dispense dalle lezioni introduttive e testi

## LINGUA INGLESE

**Titolare:** Prof. GIAMPAOLO MISTURA

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** ; 2,00

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**MECCANICA ANALITICA****Titolare:** Prof. GIANCARLO BENETTIN**Periodo:** III anno, 1 semestre**Indirizzo formativo:** Corsi comuni**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00**Prerequisiti:**

Per gli studenti di Fisica: tutti gli argomenti del corso di Istituzioni di Fisica Matematica. Per gli studenti di Matematica: tutti gli argomenti del corso di Fisica Matematica.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Lo studente diventerà familiare con le basi della meccanica hamiltoniana e con alcune delle sue principali applicazioni fisiche. Acquisirà in particolare dimestichezza con i metodi perturbativi e con i principali risultati in questo campo, sempre con attenzione al loro significato fisico.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni cosiddette frontali, comprendenti teoria ed esercizi.

**Contenuti:**

Trasformazioni canoniche: nozione e proprietà caratteristiche; generazione di trasformazioni canoniche; trasformazioni dipendenti dal tempo e applicazioni. Il corpo rigido: cinematica essenziale; il caso di Eulero-Poinsot; gli angoli di Eulero; il caso di Lagrange. Sistemi hamiltoniani integrabili: nozione; le variabili di azione-angolo; il teorema di Liouville-Arnold; applicazione al moto centrale; applicazione al corpo rigido di Eulero-Poinsot; l'equazione di Hamilton-Jacobi. Le basi della teoria Hamiltoniana delle perturbazioni: sistemi prossimi a sistemi integrabili; il principio della media e il ruolo delle risonanze; un passo perturbativo per sistemi isocroni perturbati; forme normali; sistemi anisocroni e loro caratteristiche geometriche; applicazione al corpo rigido: il modello classico della precessione degli equinozi. Uno sguardo ai principali risultati moderni: la teoria KAM e la teoria di Nekhoroshev. Invarianti adiabatici: nozione, esempi elementari, alcune applicazioni fisiche

**Modalità di esame:**

Prova scritta, comprendente esercizi e teoria. La parte di teoria, a richiesta dello studente, si può svolgere in forma orale.

**Criteri di valutazione:**

Verifica delle conoscenze acquisite, con particolare attenzione al formarsi di una mentalità critica e alla comprensione del legame tra struttura matematica e significato fisico degli argomenti di studio.

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Sono sufficienti le dispense del docente disponibili in rete. Su richiesta dello studente saranno consigliati testi di approfondimento.

**METODI COMPUTAZIONALI DELLA FISICA****Titolare:** Prof. ALBERTO GARFAGNINI**Periodo:** III anno, 1 semestre**Indirizzo formativo:** Corsi comuni**Tipologie didattiche:** 32A+24E; 6,00**Prerequisiti:**

Fisica I, Fisica II

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Metodi numerici applicati a problematiche di fisica classica e quantistica. Metodi numerici deterministici e stocastici. Scrittura di semplici programmi per la soluzione di problemi specifici di calcolo computazionale, valutazione ed interpretazione dei risultati ottenuti.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali in aula ed esercitazioni pratiche in aula informatica. Durante quest'ultime si approfondiranno e si metteranno in pratica metodologie introdotte in aula applicandole alla risoluzione di specifici problemi numerici.

**Contenuti:**

Introduzione. Soluzioni numeriche di equazioni differenziali ordinarie con il metodo di Eulero. Studio di alcuni problemi di meccanica. Studi di moti oscillatori, verifica della non conservazione dell'energia con il metodo di Eulero. Analisi degli schemi evolutivi per la soluzione di equazioni differenziali ordinarie: Eulero, Eulero-Cromer. Lo schema Mid-Point e l'algoritmo di Eulero-Richardson. Gli schemi di Verlet e di Verlet delle Velocita'. I metodi di Runge-Kutta, derivazione degli schemi al secondo ordine. Discussione dei metodi di Runge-Kutta di ordine m. Calcolo numerico di potenziali e campi elettrici. Risoluzione dell'equazione di Laplace. Il metodo delle differenze finite. Il metodo di Jacobi per la soluzione dell'equazione di Laplace. Equazioni differenziali alle derivate parziali: classificazione geometrica ed esempi: l'eq. delle onde, l'eq. della diffusione e l'eq. di Poisson. Schemi risolutivi alle differenze finite: errori di troncamento, consistenza e stabilita'. Equazioni iperboliche (onde): i metodi FTCS e di LAX. Il criterio di Courant-Friedrichs-Lewy. Lo schema staggered leapfrog. Equazioni paraboliche (diffusione): schema esplicito FTCS, condizioni di convergenza. Lo schema implicito di Laasonen. Lo schema di Crank-Nicolson. Valutazioni numerica di polinomi. Ricerca delle soluzioni numeriche di una funzione di variabile reale. I metodi della bisezione, Newton-Raphson e della secante. Interpolazione ed estrapolazione di funzioni. I polinomi di Lagrange. Integrazioni numeriche: formule di Newton-Cotes (metodo dei trapezi e metodi di Simpson 1/3 e 3/8). Risoluzione di sistemi di equazioni lineari. Il metodo di eliminazione di Gauss-Jordan: forward elimination e backward substitution. Introduzione al pivoting parziale. Soluzioni di sistemi di matrici tri-diagonali. Metodi di Monte Carlo. La generazione di numeri casuali. I generatori LCG, Shift-Register e Lagged Fibonacci. Generazione di campioni statistici da distribuzioni di probabilita': il metodo della trasformazione inversa. Il metodo della composizione. Il metodo Acceptance/Rejection. Calcolo degli integrali definiti con metodi di Monte Carlo: Hit-or-Miss, sample-mean e Importance-Sampling (discussione dei metodi e valutazione della varianza). Risoluzione di equazioni differenziali ordinarie con piu' condizioni al contorno (boundary value problems). Lo shooting method e il metodo del rilassamento. Studio di sistemi complessi tramite Automi Cellulari. Definizioni e implementazioni possibili. Applicazioni alla modellizzazione del traffico. Il gioco della vita di Conway. Introduzione alle reti neurali. Definizioni, collegamenti e funzioni di trasferimento. Reti feed-forward. Introduzione storica con esempi. Il neurone di McCulloch-Pitts. Esempi di perceptron con applicazioni di memoria associativa. Regole di Hebb per la determinazione dei pesi della rete. Il modello di Hopfield. Introduzione alla Dinamica Molecolare con esempi.

**Modalità di esame:**

La verifica verra' effettuata con un esame orale; durante il colloquio si discuterà un problema numerico assegnato alcuni giorni prima dell'esame e svolto a casa dal candidato.

**Criteri di valutazione:**

L'esercizio assegnato prima del colloquio orale mira a verificare la capacita' dello studente di risolvere un problema numerico specifico in maniera autonoma, mettendo in pratica le tecniche apprese durante il corso. La prova orale e' volta ad accertare l'acquisizione delle conoscenze di base dei metodi numerici utilizzati per affrontare problemi di Fisica e la capacita' di ragionamento e di comprensione da parte dello studente.

**Testi di riferimento:**

H Gould, J. Tobochnik and W. Christian, An Introduction to Computer Simulation Methods. Upper Saddle River, NJ 0745: Pearson Education Inc., 2007 W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flan, Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007 N. J. Giordano and N. Nakanishi, Computational Physics. Upper Saddle River, NJ 0745: Pearson Education Inc., 2006

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Ulteriori indicazioni bibliografiche specifiche agli argomenti trattati saranno indicati durante lo svolgimento del corso.

**PROGRAMMAZIONE AD OGGETTI E C++**

**Titolare:** Prof. PAOLO RONCHESE

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Elementi base di programmazione. Elementi di linguaggio C.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Grammatica e sintassi del linguaggio C++. Programmazione a oggetti. Disegno ed implementazione di programmi.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali con dimostrazioni pratiche. Esercitazioni in aula informatica.

**Contenuti:**

Rivisitazione degli elementi del linguaggio C e differenze con il C++. Variabili, tipi ed operatori. Controllo del flusso e cicli. Funzioni, argomenti, passaggio per valore e per riferimento, ricorsione. Puntatori, insiemi di variabili, riferimenti e variabili costanti. Gestione dinamica della memoria. Ingresso e uscita di dati. Il preprocessore C/C++. Specificatori di memoria e accessibilita', librerie. Oggetti composti, strutture e classi. Dati membro e funzioni membro, membri condivisi, operatori. Spazi di nomi ed eccezioni. Funzioni e classi template. Libreria standard, contenitori ed algoritmi. Ereditarieta' e polimorfismo, classi base e classi derivate, funzioni virtuali. Costrutti comuni.

**Modalità di esame:**

Prove pratica durante il corso e discussione orale.

**Criteri di valutazione:**

Funzionalità, leggibilità e mantenibilità dei programmi scritti nelle esercitazioni. Conoscenza del linguaggio e dei costrutti piu' comuni.

**Testi di riferimento:**

S.Prata, C++ Primer Plus. : Sams Publishing,

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Materiale fornito dal docente.

**PROVA FINALE**

**Titolare:** da definire

**Periodo:** III anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** ; 10,00

**SPERIMENTAZIONI DI FISICA 1**

**Titolare:** Prof.ssa CINZIA SADA

**Periodo:** I anno, annuale

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 60A+84L; 13,00

**Prerequisiti:**

Conoscenze base di: - algebra; - analisi (equazioni, disequazioni, derivate, integrali, serie); - fisica generale (cinematica, dinamica, termologia). Il livello di conoscenze pregresse richiesto è conforme alla matematica e fisica insegnate nelle scuole superiori di II grado.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Le conoscenze che si intendono acquisite al termine del corso sono relative alla statistica e all'analisi dati riferite ad esperimenti di fisica classica (si veda dettaglio delle conoscenze consultando la sezione contenuti). Inoltre si intende da acquisire: 1. comprensione della terminologia fisica in relazione al trattamento di dati sperimentali e relativa organizzazione; 2. acquisizione di metodi per l'analisi di dati affetti da errori casuali; 3. acquisizione di metodi di misura diretti ed indiretti della stessa grandezza fisica e della migliore procedura per il trattamento dei dati sperimentali; 4. comprensione del significato delle approssimazioni assunte e verifica delle relative ipotesi di partenza; 5. comprensione e stima delle cause di errore casuale e verifica della presenza di errori sistematici ed il loro peso relativo; 6. quantificazione del peso delle varie cause d'errore, limitando l'acquisizione ad un numero congruo di dati in esperimenti semplici; 7. acquisire abilità nell'impiego di un software informatico per l'analisi dati; 8. acquisire un atteggiamento critico nello stilare un quaderno di laboratorio e nella elaborazione dati (comprensivo della definizione dell'intervallo di confidenza dei dati sperimentali); 9. acquisire manualità in laboratorio; 10. organizzazione del lavoro di gruppo e della suddivisione dei compiti.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Saranno impiegate, negli opportuni contesti: - lezioni frontali, specialmente per la parte di informatica, di introduzione alla statistica e alla presentazione della fisica oggetto degli esperimenti inteso come lavoro mentale attivo con finalità alla concettualizzazione astratta dei vari argomenti. - apprendimento cognitivo basato sull'interazione tra studente ed insegnante attorno ad un compito di apprendimento. In tal caso docente fungerà inizialmente da modello di riferimento (modeling), per poi fornire supporto allo studente durante l'esecuzione del compito (coaching), conducendolo gradualmente all'autonomia; - didattica laboratoriale: svolgimento di esperimenti focalizzati rispondendo anche ad istanze sociali in cui la prestazione in gruppo è valorizzata al meglio per promuovere relazioni collaborative. In tale ambito si farà uso anche della metodologia brainstorming; - collaborative learning: ovvero apprendimento in piccoli gruppi, all'interno dei quali gli studenti si avvalgono di una collaborazione reciproca e si sentono corresponsabili del percorso formativo intrapreso (in attività laboratoriale);

**Contenuti:**

INFORMATICA E PROGRAMMAZIONE 1) Teoria dell'Informazioni. Sistemi di numerazione posizionali. Sistema decimale, binario, ottale ed esadecimale. Cambiamento di base. Rappresentazione dei numeri relativi: modulo e segno, complemento ad uno, complemento a due. Rappresentazione dei numeri razionali: rappresentazione in virgola fissa e in virgola mobile. Standard IEEE-754. 2) Algebra Booleana, Teoria degli insiemi. Algebra booleana: definizione e proprietà. Teorema di De Morgan. Algebra booleana a due elementi {0,1}. Teorema fondamentale dell'algebra booleana. Corollari. 3) Programmazione: Introduzione al C++. La funzione main. La direttiva #include. Utilizzo degli operatori cin e cout. Dichiarazione ed inizializzazione di variabili. Tipi di variabili: char, int, long, float, double, bool. Operatori aritmetici. Conversione di tipo. Espressioni numeriche e relazionali. Operatori logici. L'istruzione if. I cicli: for, while, do-while. L'operatore condizionale. Lo statement switch, break e continue. Array, stringhe, strutture e puntatori. Le funzioni. Prototipi di funzioni. Funzioni inline. Referenze e puntatori. Argomenti di default. Overloading di funzioni. Funzioni templates. Breve introduzione alle classi ed alla programmazione orientata ad oggetti. 4) Attività di laboratorio: la frequenza è obbligatoria. In particolare saranno trattati i seguenti argomenti: Scrittura di un primo programma in C++. Tutorial di LINUX. La struttura di un programma, introduzione ai diagrammi di flusso. Scrittura di un programma per il calcolo della media, dell'area di un triangolo, della traiettoria di un proiettile. Esercizi di programmazione. INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEGLI ERRORI 1) Misure dirette ed indirette. Strumenti di misura. Errori casuali e sistematici. Cifre significative ed arrotondamenti. Precisione, accuratezza e sensibilità. Probabilità. Eventi e variabili casuali, teoremi della probabilità composta e della probabilità totale. Teorema di Bayes. Esempi e applicazioni. Stime di tendenza centrale e stime di dispersione. Proprietà. Istogrammi. Sovrapposizione di una funzione gaussiana su un istogramma e epurazione dati. 2) Variabili casuali discrete: generalità. Popolazioni e campioni. Valore medio di combinazioni lineari. Varianza di combinazioni lineari di variabili casuali statisticamente indipendenti. Legge dei grandi numeri e teorema di Bernoulli. Valore medio e valore vero. Relazione tra varianza dei campioni e varianza della popolazione. Variabili casuali continue: definizione e proprietà, la densità di probabilità e la funzione di distribuzione. Proprietà della speranza matematica e della varianza. La distribuzione uniforme, distribuzione di Gauss. Elementi di calcolo combinatorio. La distribuzione di Poisson e relative proprietà. La distribuzione di Bernoulli e relative proprietà. La distribuzione del Chi-quadrato: definizione e proprietà. Metodo del minimo  $\chi^2$ . Applicazioni del  $\chi^2$  e vincoli dei sistemi. Esempi ad applicazioni. 3) Misure indirette Miglior stima del valor vero di una grandezza misurata in modo indiretto. La propagazione degli errori e i limiti della sua validità. Errori massimi e formula di propagazione degli errori massimi. Covarianza e Correlazione lineare e relative proprietà. 4) Stime di parametri. Funzione di verosimiglianza e metodo della massima verosimiglianza. Applicazioni della stima di massima verosimiglianza: media pesata e relativo errore, derivazione dei parametri di una retta per l'origine e una retta generica. 5) Attività di laboratorio con frequenza obbligatoria su argomenti di Meccanica, termologia e termodinamica.

**Modalità di esame:**

L'esame consta di tre parti: 1. Relazioni delle esperienze svolte in laboratorio sotto forma di elaborati scritti. Ogni relazione è stilata per gruppo (costituito da due/tre studenti ciascuno) e consegnata secondo il calendario fornito dai docenti all'avvio del laboratorio al docente di riferimento. La consegna in ritardo darà luogo a penalizzazione sulla valutazione, la mancata consegna di una o più relazioni invalida la possibilità di sostenere l'esame con esito positivo; 2. prova scritta (relativa ad elementi di Elementi di informatica e programmazione ed Elementi di teoria degli errori e statistica); 3. prova orale relativa ad

elementi di Elementi di informatica e programmazione e alla teoria degli errori e statistica nonché sulla discussione critica delle esperienze svolte in laboratorio. Il voto finale è fornito dalla media pesata dei voti presi nelle tre parti. In particolare la prova scritta comprenderà esercizi e dimostrazioni di Elementi di informatica, programmazione (prima parte) e teoria degli errori e statistica (seconda parte). Può essere svolta secondo due modalità: attraverso il superamento delle prove in itinere oppure attraverso l'appello istituzionale. Le prove parziali in itinere, in numero pari a tre, saranno svolte durante l'anno accademico secondo il seguente calendario: ? 1° prova scritta in itinere su "Elementi di informatica e programmazione", I semestre (tra dicembre e gennaio). Tale prova esaurisce la prima parte; ? 2° prova scritta in itinere su Elementi di teoria degli errori e statistica, argomenti presentati nelle lezioni del I semestre (febbraio-marzo); ? 3° prova scritta in itinere su Elementi di teoria degli errori e statistica, argomenti presentati nelle lezioni del II semestre (fine maggio-primi di giugno). La 2° e la 3° prova in itinere saranno valutate complessivamente come un'unica prova relativa alla seconda parte: si considererà sufficiente la performance dello studente la cui media dei voti ottenuti nelle due prove in itinere (2°-3°) sarà almeno pari a 18/30 (con votazione almeno di 12/30 su un compito). Coloro che avranno raggiunto la sufficienza sulle parti di Elementi di informatica e di Teoria degli errori e statistica saranno ammessi alla prova orale qualora abbiano frequentato il laboratorio e consegnato tutte le relazioni delle esperienze svolte. Coloro che risultassero insufficienti nelle due parti, dovranno sostenere la prova scritta secondo il calendario previsto nelle varie sessioni di appello (2 appelli nella sessione estiva, due appelli nella sessione autunnale ed un appello nella sessione di recupero). Nelle varie sessioni d'appello, la prova scritta sarà articolata in due parti: parte di informatica e parte di statistica. Agli studenti è concesso di sostenere una o entrambe le parti per ogni appello. Il voto rimarrà valido fino alla sessione di febbraio. Gli studenti che abbiano superato solo una delle due parti (informatica / statistica) potranno recuperare la parte insufficiente o non sostenuta (informatica/statistica) nelle sessioni d'appello. La prova orale verte sugli argomenti trattati durante l'anno accademico nelle due sezioni tematiche ivi comprensive gli argomenti trattati durante le lezioni di laboratorio e relative esperienze di fisica generale. Entro l'anno accademico è possibile ripetere la prova scritta anche in caso di esito positivo ma non ritenuto soddisfacente. La consegna dell'elaborato annulla il voto positivo precedentemente ottenuto in altra prova scritta a meno che non si esprima la volontà di ritirarsi.

#### **Criteri di valutazione:**

Criteri di Valutazione della prova scritta ed orale: ? Rielaborazione conoscenze e abilità sviluppate in relazione al corso attraverso quesiti mirati e comprensivi di esercitazioni; ? Azione comunicativa, che in particolare rifletta le competenze relative al linguaggio specifico, alla modalità di comunicazione orale e/o scritta, alle modalità di rappresentazione di argomenti inerenti al corso; Criteri di Valutazione della attività laboratoriale ? Regolarità nella frequenza e nelle attività; ? qualità dei contributi relativamente alle attività previste nelle diverse esperienze di laboratorio; ? gestione delle attività di laboratorio e partecipazione al lavoro di gruppo; ? rielaborazione delle conoscenze e abilità sviluppate in relazione ai contenuti del laboratorio; ? utilizzo di strumenti e materiali forniti durante il corso; ? discussione delle relazioni; ? impostazione e organicità delle relazioni.

#### **Testi di riferimento:**

Maurizio Loreti, Teoria degli errori e fondamenti di statistica (introduzione alla fisica sperimentale). : Zanichelli, 2006

#### **Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Eventuale ulteriore materiale sarà fornito dai docenti. Gli esercizi svolti a lezione costituiscono parte integrante del corso. I documenti saranno reperibili al sito del docente Parte di informatica: <http://www.pd.infn.it/~agarfa/> Parte di statistica: <https://sites.google.com/site/sadacinzia/> e su piattaforma Moodle <https://www.elearning.unipd.it/fisica> Laurea in Fisica

## SPERIMENTAZIONI DI FISICA 1 - SDOPPIAMENTO

**Titolare:** Prof. GIORGIO SARTORI

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 60A+84L; 13,00

**Sede dell'insegnamento:** Informazioni in lingua non trovate

**Aule:** Informazioni in lingua non trovate

#### **Prerequisiti:**

Conoscenze base di: - algebra; - analisi (equazioni, disequazioni, derivate, integrali, serie); - fisica generale (cinematica, dinamica, termologia). Il livello di conoscenze pregresse richiesto è conforme alla matematica e fisica insegnate nelle scuole superiori di II grado.

#### **Conoscenze e abilità da acquisire:**

Le conoscenze che si intendono acquisite al termine del corso sono relative alla statistica e all'analisi dati riferite ad esperimenti di fisica classica (si veda dettaglio delle conoscenze consultando la sezione contenuti). Inoltre si intende da acquisire: 1. comprensione della terminologia fisica in relazione al trattamento di dati sperimentali e relativa organizzazione; 2. acquisizione di metodi per l'analisi di dati affetti da errori casuali; 3. acquisizione di metodi di misura diretti ed indiretti della stessa grandezza fisica e della migliore procedura per il trattamento dei dati sperimentali; 4. comprensione del significato delle approssimazioni assunte e verifica delle relative ipotesi di partenza; 5. comprensione e stima delle cause di errore casuale e verifica della presenza di errori sistematici ed il loro peso relativo; 6. quantificazione del peso delle varie cause d'errore, limitando l'acquisizione ad un numero congruo di dati in esperimenti semplici; 7. acquisire abilità nell'impiego di un software informatico per l'analisi dati; 8. acquisire un atteggiamento critico nello stilare un quaderno di laboratorio e nella elaborazione dati (comprensivo della definizione dell'intervallo di confidenza dei dati sperimentali); 9. acquisire manualità in laboratorio; 10. organizzazione del lavoro di gruppo e della suddivisione dei compiti.

#### **Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Saranno impiegate, negli opportuni contesti: - lezioni frontali, specialmente per la parte di informatica, di introduzione alla statistica e alla presentazione della fisica oggetto degli esperimenti inteso come lavoro mentale attivo con finalità alla concettualizzazione astratta dei vari argomenti. - apprendistato cognitivo basato sull'interazione tra studente ed insegnante attorno ad un compito di apprendimento. In tal caso docente fungerà inizialmente da modello di riferimento (modeling), per poi fornire supporto allo studente durante l'esecuzione del compito (coaching), conducendolo gradualmente all'autonomia; - didattica laboratoriale: svolgimento di esperimenti focalizzati rispondendo anche ad istanze sociali in cui la prestazione in gruppo è valorizzata al meglio per promuovere relazioni collaborative. In tale ambito si farà uso anche della metodologia brainstorming; - collaborative learning: ovvero apprendimento in piccoli gruppi, all'interno dei quali gli studenti si avvalgono di una collaborazione reciproca e si sentono corresponsabili del percorso formativo intrapreso (in attività laboratoriale).

#### **Contenuti:**

INFORMATICA E PROGRAMMAZIONE 1) Teoria dell'Informazioni. Sistemi di numerazione posizionali. Sistema decimale, binario, ottale ed esadecimale. Cambiamento di base. Rappresentazione dei numeri relativi: modulo e segno, complemento ad uno, complemento a due. Rappresentazione dei numeri razionali: rappresentazione in virgola fissa e in virgola mobile. Standard IEEE-754. 2) Algebra Booleana, Teoria degli insiemi. Algebra booleana: definizione e proprietà. Teorema di De Morgan. Algebra booleana a due elementi {0,1}. Teorema fondamentale dell'algebra booleana. Corollari. 3) Programmazione: Introduzione al C++. La funzione main. La direttiva #include. Utilizzo degli operatori cin e cout. Dichiarazione ed inizializzazione di variabili. Tipi di variabili: char, int, long, float, double, bool. Operatori aritmetici. Conversione di tipo. Espressioni numeriche e relazionali. Operatori logici. L'istruzione if. I cicli: for,

while, do-while. L'operatore condizionale. Lo statement switch, break e continue. Array, stringhe, strutture e puntatori. Le funzioni. Prototipi di funzioni. Funzioni inline. Referenze e puntatori. Argomenti di default. Overloading di funzioni. Funzioni templates. Breve introduzioni alle classi ed alla programmazione orientata ad oggetti. 4) Attività di laboratorio: la frequenza è obbligatoria. In particolare saranno trattati i seguenti argomenti: Scrittura di un primo programma in C++. Tutorial di LINUX. La struttura di un programma, introduzione ai diagrammi di flusso. Scrittura di un programma per il calcolo della media, dell'area di un triangolo, della traiettoria di un proiettile. Esercizi di programmazione. INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEGLI ERRORI 1) Misure dirette ed indirette. Strumenti di misura. Errori casuali e sistematici. Cifre significative ed arrotondamenti. Precisione, accuratezza e sensibilità. Probabilità. Eventi e variabili casuali, teoremi della probabilità composta e della probabilità totale. Teorema di Bayes. Esempi e applicazioni. Stime di tendenza centrale e stime di dispersione. Proprietà. Istogrammi. Sovrapposizione di una funzione gaussiana su un istogramma e epurazione dati. 2) Variabili casuali discrete: generalità. Popolazioni e campioni. Valore medio di combinazioni lineari. Varianza di combinazioni lineari di variabili casuali statisticamente indipendenti. Legge dei grandi numeri e teorema di Bernoulli. Valore medio e valore vero. Relazione tra varianza dei campioni e varianza della popolazione. Variabili casuali continue: definizione e proprietà, la densità di probabilità e la funzione di distribuzione. Proprietà della speranza matematica e della varianza. La distribuzione uniforme, distribuzione di Gauss. Elementi di calcolo combinatorio. La distribuzione di Poisson e relative proprietà. La distribuzione di Bernoulli e relative proprietà. La distribuzione del Chi-quadrato: definizione e proprietà. Metodo del minimo  $\chi^2$ . Applicazioni del  $\chi^2$  e vincoli dei sistemi. Esempi ad applicazioni. 3) Misure indirette Miglior stima del valor vero di una grandezza misurata in modo indiretto. La propagazione degli errori e i limiti della sua validità. Errori massimi e formula di propagazione degli errori massimi. Covarianza e Correlazione lineare e relative proprietà. 4) Stime di parametri. Funzione di verosimiglianza e metodo della massima verosimiglianza. Applicazioni della stima di massima verosimiglianza: media pesata e relativo errore, derivazione dei parametri di una retta per l'origine e una retta generica. 5) Attività di laboratorio con frequenza obbligatoria su argomenti di Meccanica, termologia e termodinamica.

#### Modalità di esame:

L'esame consta di tre parti: 1. Relazioni delle esperienze svolte in laboratorio sotto forma di elaborati scritti. Ogni relazione è stilata per gruppo (costituito da due/tre studenti ciascuno) e consegnata secondo il calendario fornito dai docenti all'avvio del laboratorio al docente di riferimento. La consegna in ritardo darà luogo a penalizzazione sulla valutazione, la mancata consegna di una o più relazioni invalida la possibilità di sostenere l'esame con esito positivo; 2. prova scritta (relativa ad elementi di Elementi di informatica e programmazione e Elementi di teoria degli errori e statistica); 3. prova orale relativa ad elementi di Elementi di informatica e programmazione e alla teoria degli errori e statistica nonché sulla discussione critica delle esperienze svolte in laboratorio. Il voto finale è fornito dalla media pesata dei voti presi nelle tre parti. In particolare la prova scritta comprenderà esercizi e dimostrazioni di Elementi di informatica, programmazione (prima parte) e teoria degli errori e statistica (seconda parte). Può esser svolta secondo due modalità: attraverso il superamento delle prove in itinere oppure attraverso l'appello istituzionale. Le prove parziali in itinere, in numero pari a tre, saranno svolte durante l'anno accademico secondo il seguente calendario: ? 1° prova scritta in itinere su "Elementi di informatica e programmazione", I semestre (tra dicembre e gennaio). Tale prova esaurisce la prima parte; ? 2° prova scritta in itinere su Elementi di teoria degli errori e statistica, argomenti presentati nelle lezioni del I semestre (febbraio-marzo); ? 3° prova scritta in itinere su Elementi di teoria degli errori e statistica, argomenti presentati nelle lezioni del II semestre (fine maggio-primi di giugno). La 2° e la 3° prova in itinere saranno valutate complessivamente come un'unica prova relativa alla seconda parte: si considererà sufficiente la performance dello studente la cui media dei voti ottenuti nelle due prove in itinere (2°-3°) sarà almeno pari a 18/30 (con votazione almeno di 12/30 su un compitino). Coloro che avranno raggiunto la sufficienza sulle parti di Elementi di informatica e di Teoria degli errori e statistica saranno ammessi alla prova orale qualora abbiano frequentato il laboratorio e consegnato tutte le relazioni delle esperienze svolte. Coloro che risultassero insufficienti nelle due parti, dovranno sostenere la prova scritta secondo il calendario previsto nelle varie sessioni di appello (2 appelli nella sessione estiva, due appelli nella sessione autunnale ed un appello nella sessione di recupero). Nelle varie sessioni d'appello, la prova scritta sarà articolata in due parti: parte di informatica e parte di statistica. Agli studenti è concesso di sostenere una o entrambe le parti per ogni appello. Il voto rimarrà valido fino alla sessione di febbraio. Gli studenti che abbiano superato solo una delle due parti (informatica / statistica) potranno recuperare la parte insufficiente o non sostenuta (informatica/statistica) nelle sessioni d'appello. La prova orale verte sugli argomenti trattati durante l'anno accademico nelle due sezioni tematiche ivi comprensive gli argomenti trattati durante le lezioni di laboratorio e relative esperienze di fisica generale. Entro l'anno accademico è possibile ripetere la prova scritta anche in caso di esito positivo ma non ritenuto soddisfacente. La consegna dell'elaborato annulla il voto positivo precedentemente ottenuto in altra prova scritta a meno che non si esprima la volontà di ritirarsi.

#### Criteri di valutazione:

Criteri di Valutazione della prova scritta ed orale: ? Rielaborazione conoscenze e abilità sviluppate in relazione al corso attraverso quesiti mirati e comprensivi di esercitazioni; ? Azione comunicativa, che in particolare rifletta le competenze relative al linguaggio specifico, alla modalità di comunicazione orale e/o scritta, alle modalità di rappresentazione di argomenti inerenti al corso; Criteri di Valutazione della attività laboratoriale ? Regolarità nella frequenza e nelle attività; ? qualità dei contributi relativamente alle attività previste nelle diverse esperienze di laboratorio; ? gestione delle attività di laboratorio e partecipazione al lavoro di gruppo; ? rielaborazione delle conoscenze e abilità sviluppate in relazione ai contenuti del laboratorio; ? utilizzo di strumenti e materiali forniti durante il corso; ? discussione delle relazioni; ? impostazione e organicità delle relazioni.

#### Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

#### Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Eventuale ulteriore materiale sarà fornito dai docenti. Gli esercizi svolti a lezione costituiscono parte integrante del corso. I documenti saranno reperibili al sito del docente : Parte di informatica: <http://www.pd.infn.it/~mazzocco/> Parte di statistica: <http://www.pd.infn.it/~gsartori/> •Testo di riferimento Maurizio Loreti, Teoria degli errori e fondamenti di statistica (introduzione alla fisica sperimentale) reperibile nel link <http://www.pd.infn.it/~gsartori/> Loreti/

## SPERIMENTAZIONI DI FISICA 2

**Titolare:** Prof. MARCELLO LUNARDON

**Periodo:** Il anno, annuale

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A+60L; 11,00

#### Prerequisiti:

- Prima parte - Statistica e Analisi Dati: Sperimentazione di Fisica 1 - Seconda parte - Laboratorio di Elettromagnetismo, Ottica e Elettronica: Fisica Generale 1, Fisica Generale 2, Sperimentazione di Fisica 1 - Propedeuticità : Sperimentazioni di Fisica 1 (solo frequenza), Sperimentazioni di Fisica 2 mod. A (solo frequenza)

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

- Prima parte - Statistica e Analisi Dati: comprendere e saper utilizzare lo sviluppo in onde sinusoidali e la trasformazioni di Fourier e Laplace di funzioni generiche e caratteristiche come strumento per lo studio dei fenomeni fisici; saper analizzare dati con strumenti evoluti di analisi statistica in contesti scientifici di ricerca e sviluppo. - Seconda parte - Laboratorio di Elettromagnetismo, Ottica e Elettronica: realizzare circuiti elettrici elementari in corrente continua e alternata e riuscire a misurarne alcune grandezze caratteristiche. Conoscere e saper utilizzare strumentazione elettronica mediante attività di progettazione. Apprendere metodi di misura ed analisi dei dati nel campo dell'ottica geometrica.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

- Prima parte - Statistica e Analisi Dati: Lezioni in aula sui contenuti dell'attività formativa. - Seconda parte - Laboratorio di Elettromagnetismo, Ottica e Elettronica: Lezioni in aula sui contenuti dell'attività formativa e attività in gruppo (generalmente 3 studenti) a cadenza settimanale con esecuzione in laboratorio di esperienze programmate e stesura di report finale (relazioni).

**Contenuti:**

- Prima parte - Statistica e Analisi Dati: Funzioni di Heaviside e Dirac: proprietà formali ed applicazioni. Trasformata di Fourier: serie di Fourier ed integrale di Fourier; trasformata ed anti-trasformata di Fourier; esempi. Trasformata di Laplace: legame tra la trasformata di Fourier e la trasformata di Laplace; anti-trasformata di Laplace; soluzione di equazioni differenziali ordinarie con il metodo di Laplace. PDF: Probability Density Function(s): Densità Normale (richiami); Momenti, Funzione cumulativa, Funzione Caratteristica; Densità Uniforme e Binomiale (richiami); Densità di Poisson e t-Student; Correlazioni, coefficiente di Pearson. Likelihood e Teorema di Bayes: Funzione di Likelihood (richiami); Teorema di Bayes. Test di Ipotesi e Test statistici: Intervalli di confidenza; p-value. Teorema di Cramer-Rao e Lemma di Neyman-Pearson. - Seconda parte - Laboratorio di Elettromagnetismo, Ottica e Elettronica: Richiami di teoria dei circuiti in corrente continua e alternata ed elementi di teoria delle reti. Quadropoli e circuiti equivalenti. Circuiti RC e RLC in serie. Linee di trasmissione. Amplificatori operazionali in alternata per piccoli segnali in varie configurazioni. Richiami di ottica geometrica. Distanza focale e aberrazioni. Descrizione delle misure che saranno effettuate in laboratorio e della strumentazione che verrà utilizzata. Esperienze in laboratorio: - misure di resistenze in corrente continua. - principio di funzionamento e uso dell'oscilloscopio; - circuito RC in serie: tempo caratteristico e risposta in frequenza; - circuito RLC in serie: oscillazioni smorzate e curva di risonanza; - linee di trasmissione; - misure della distanza focale di una lente; - caratterizzazione di fenomeni di aberrazione; - amplificatori operazionali: amplificatore invertente, amplificatore non invertente con regolazione dell'offset, sommatore, amplificatori differenziali.

**Modalità di esame:**

La verifica di profitto è costituita da un giudizio complessivo comprendente la valutazione del modulo di Statistica e analisi dati (A), consistente in una prova orale, e quella del modulo di Laboratorio (B), consistente nelle relazioni scritte sulle esperienze di laboratorio, una prova scritta sui contenuti del modulo, e una prova tecnico-pratica sull'attività sperimentale in laboratorio.

**Criteri di valutazione:**

correttezza e completezza nell'esposizione dei contenuti proposti in sede di orale o di prova scritta; correttezza e adeguatezza nell'uso degli strumenti, nell'esecuzione delle misure e nell'analisi dei dati presi in laboratorio;

**Testi di riferimento:**

M. Loreti, Teoria degli errori e fondamenti di statistica. <http://www.cdf.pd.infn.it/labo/>; P. Horowitz, The art of electronics. : Cambridge University Press, J. Millman, Microelectronics. : McGraw-Hill,

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Dispense; lucidi delle lezioni

**STORIA DELLA FISICA**

**Titolare:** Prof. GIULIO PERUZZI

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Il corso è rivolto a studenti del terzo anno provenienti da corsi di laurea molto diversi di area sia scientifica che umanistica e per questo non si richiedono requisiti specifici.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso ha l'obiettivo di presentare le principali idee che hanno dato origine alla scienza contemporanea, analizzando i mutamenti scientifici verificatisi nel periodo compreso tra la fine del Settecento e il Novecento. Particolare attenzione sarà dedicata agli sviluppi della fisica analizzati in parallelo agli sviluppi degli altri settori disciplinari. Uno degli obiettivi del corso è quello di permettere allo studente di ricomporre in un quadro unitario le molteplici ma spesso frammentate nozioni apprese nei suoi studi universitari. Questo "sguardo al passato" – come sosteneva già il Lord Cancelliere quattro secoli fa – è essenziale per capire il presente e per orientarsi nelle ricerche future. Anche in funzione di questo obiettivo, sulla base degli indicatori di Dublino, si cerca di stimolare, sia durante il corso sia nella stesura dell'elaborato finale: 1. le conoscenze e capacità di comprensione, portandoli a un livello che includa anche la possibilità di acquisire la conoscenza dell'origine di alcuni dei temi d'avanguardia nel proprio campo di studi tramite l'uso di libri di testo avanzati e di fonti primarie.; 2. l'applicazione delle conoscenze e delle capacità in modo da arrivare a padroneggiare competenze adeguate sia per ideare e sostenere argomentazioni che per risolvere problemi nel proprio campo di studi; 3. l'autonomia di giudizio, intesa come capacità di raccogliere e interpretare le informazioni utili a determinare scelte libere e consapevoli, includendo anche la riflessione su temi sociali, scientifici o etici a essi connessi; 4. l'abilità comunicativa, e cioè il saper comunicare informazioni, idee, problemi e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti; 5. la capacità di utilizzare le conoscenze che vengono dalla storia del pensiero scientifico per i futuri livelli di apprendimento e lavorativi.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Le lezioni sono eminentemente frontali. In alcuni casi vengono abbinata (con una breve introduzione a cura del docente) a seminari del tipo dei "Colloquia" del Dipartimento di Fisica e Astronomia. Un modo per correlare la storia della scienza con importanti sviluppi recenti. A seconda della numerosità degli studenti si prevedono visite ai musei dell'Ateneo patavino.

**Contenuti:**

Il corso, dopo un'introduzione generale sul ruolo e il significato della storia della scienza, si articola in quattro sezioni. La prima illustra alcuni dei caratteri di quella che è oggi nota come "rivoluzione scientifica" soffermandosi sulla nascita dei vari settori scientifici moderni (astronomia, fisica, chimica, geologia, biologia). La seconda sezione tratta alcuni dei principali sviluppi della scienza nell'Ottocento, nei quali si evidenzia il fondamentale ruolo svolto dalla "fertilizzazione incrociata delle scienze". La terza ricostruisce la storia del principio di relatività e dei mutamenti nelle nozioni di spazio e tempo tra Ottocento e

Novecento. La quarta sezione, infine, è dedicata alla teoria dei quanti, dalla vecchia teoria dei quanti alla meccanica quantistica, e alle sue ricadute in altri settori della scienza, in particolare la chimica e la biologia.

**Modalità di esame:**

La verifica dell'apprendimento prevede una breve discussione di un elaborato scritto che in 4/5 cartelle affronta un tema scelto dallo studente nell'ambito della storia della scienza tra Ottocento e Novecento. Questo si configura come un lavoro di rassegna basato su una ricerca bibliografica autonomamente svolta dallo studente.

**Criteri di valutazione:**

Tra i criteri di valutazione della preparazione dello studente rientrano: 1. la frequentazione delle lezioni; 2. la partecipazione alle discussioni sui singoli temi trattati; 3. la capacità di una autonoma ricerca bibliografica per la stesura dell'elaborato finale che non si fermi alla generica ricerca di informazioni via internet, ma che comprenda anche l'uso della biblioteca e degli strumenti di ricerca bibliografica più avanzati messi a disposizione dal Centro di Ateneo delle Biblioteche.

**Testi di riferimento:**

Tullio Regge, Giulio Peruzzi, Spazio, tempo e universo. Passato, presente e futuro della teoria della relatività. Torino: Bollati Boringhieri, 2005 Giulio Peruzzi (a cura di), Scienza e realtà. Riduzionismo e antiriduzionismo nelle scienze del Novecento. Milano: Bruno Mondadori, 2000 Giulio Peruzzi, Vortici e colori. Alle origini dell'opera di James Clerk Maxwell. Bari: Dedalo, 2010 Ernst Mayr, Storia del pensiero biologico. Torino: Bollati Boringhieri, 1990 Giulio peruzzi, Niels Bohr. Dall'alba della fisica atomica alla big science. Milano: Le Scienze - collana "i grandi della scienza", 2001 Paolo Rossi (a cura di), Storia della Scienza Moderna e Contemporanea. Torino: UTET, 1988

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Nelle dispense, rese disponibili sulla piattaforma moodle, sono presenti ulteriori indicazioni bibliografiche relative alle varie parti del corso.

## TECNICHE E STRUMENTI DI MISURA

**Titolare:** Dott. GIOVANNI CARUGNO

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Sede dell'insegnamento:** Informazioni in lingua non trovate

**Aule:** Informazioni in lingua non trovate

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

CONTENUTO NON PRESENTE

## TERMODINAMICA

**Titolare:** Prof. ANTONIO SAGGION

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

**Sede dell'insegnamento:** Informazioni in lingua non trovate

**Aule:** Informazioni in lingua non trovate

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

CONTENUTO NON PRESENTE