



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Bollettino Notiziario - A.A. 2020/2021

LAUREA IN ASTRONOMIA

Curriculum: Corsi comuni

ANALISI MATEMATICA 1

Titolare: Prof. DAVIDE VITTONI

Mutuato da: Laurea in Fisica (Ord. 2014)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Fisica "G. Galilei"

Aule: B

Prerequisiti:

Funzioni elementari reali (potenze, modulo, esponenziale, logaritmo, trigonometriche): principali proprietà, risoluzione di equazioni e disequazioni. Geometria analitica nel piano: rette, coniche in forma canonica, luoghi geometrici. Che sentisse di avere lacune può ad esempio consultare il Corso online di Matematica di base https://mooc.federica.eu/c/matematica_di_base_ingegneria_e_sienze

Conoscenze e abilità da acquisire:

Effettuare ragionamenti di base sulle proprietà topologiche della retta reale e sull'assioma di completezza. Calcolo su numeri complessi: forme trigonometriche, radici n-esime. Limiti e continuità: calcolo di limiti e studio della continuità di una funzione. Saper fare le dimostrazioni dei risultati fondamentali (teorema degli zeri, valori intermedi). Calcolo differenziale: saper studiare la derivata di funzioni, padronanza dei risultati fondamentali del calcolo differenziale (legame tra derivata e monotonia, studio della convessità). Saper effettuare lo studio di una funzione. Applicare il calcolo differenziale al calcolo di limiti (formula di Taylor, de l'Hôpital). Integrazione: saper integrare le funzioni elementarmente integrabili, utilizzare le tecniche di sostituzione e di integrazione per parti. Conoscere i metodi di integrazione delle funzioni razionali. Conoscere il significato dell'integrale (somme di Riemann, aree). Padronanza del teorema fondamentale del calcolo. Equazioni differenziali. Acquisire le tecniche di risoluzione delle equazioni differenziali a variabili separabili, lineari del I ordine, lineari del secondo ordine a coefficienti costanti. Saper il significato del problema di Cauchy.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali alla lavagna.

Contenuti:

INSIEMI NUMERICI Teoria elementare degli insiemi. Gli interi: assiomi di Peano e principio di induzione. Numeri razionali. La retta reale, assioma di completezza, max e min, sup e inf. Densità dei razionali. Numeri complessi e radici complesse. Elementi di topologia della retta reale. FUNZIONI DI UNA VARIABILE REALE E LIMITI Generalità sulle funzioni di variabile reale. Limiti di funzioni e loro proprietà. SUCCESSIONI DI NUMERI REALI Successioni e insiemi numerabili. Limiti di successioni. Topologia della retta reale vs. successioni. Successioni monotone e ricorsive. CONTINUITA' Continuità di funzioni reali. Teorema degli zeri e di Weierstrass. Funzioni uniformemente continue. DERIVATE E STUDIO DI FUNZIONE Derivazione. Crescenza, teoremi classici. Regola di de l'Hôpital. Derivate successive e convessità. Formula di Taylor. Studio di funzione: schema generale ed esercizi. INTEGRALI Integrale di Riemann. Calcolo delle primitive e tecniche di integrazione. Area di zone limitate di piano. EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE DI BASE Generalità. Problema di Cauchy e studi qualitativi. Equazioni differenziali del prim'ordine a variabili separabili e lineari. Equazioni differenziali lineari: generalità, caso del secondo ordine a coefficienti costanti.

Modalità di esame:

Prova scritta con esercizi e domande di teoria. La prova scritta può essere sostituita da due prove intermedie.

Criteri di valutazione:

Padronanza delle conoscenze acquisite ed abilità nell'utilizzarle per la soluzione di semplici problemi. Completezza e chiarezza delle soluzioni degli esercizi e delle domande di teoria proposti in sede di esame scritto.

Testi di riferimento:

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Eventuali referenze bibliografiche non elencate tra i testi di riferimento verranno direttamente segnalati in aula.

ANALISI MATEMATICA 1 - SDOPPIAMENTO

Titolare: Prof. PIERPAOLO SORAVIA

Mutuato da: Laurea in Fisica (Ord. 2014)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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

Prerequisiti:

Funzioni elementari reali (potenze, modulo, esponenziale, logaritmo, trigonometriche): principali proprietà, risoluzione di equazioni e disequazioni. Geometria analitica nel piano: rette, coniche in forma canonica, luoghi geometrici. Chi ha lacune al proposito può colmarle consultando il Mooc di Precalcolo presente sulla piattaforma EduOpen https://learn.edupen.org/eduopenv2/course_details.php?courseid=109

Conoscenze e abilità da acquisire:

Nel corso si acquisiscono competenze e abilità del calcolo differenziale e integrale in una variabile. Conoscenze e abilità da acquisire: * Effettuare ragionamenti di base sulle proprietà topologiche della retta reale e sull'assioma di completezza * Calcolo su numeri complessi: forme trigonometriche, radici n-esime * Limiti e continuità: calcolo di limiti e studio della continuità di una funzione. Saper fare le dimostrazioni dei risultati fondamentali (teorema degli zeri, valori intermedi). * Calcolo differenziale: saper studiare la derivata di funzioni e padronanza dei risultati fondamentali del calcolo differenziale (legame tra derivata e monotonia, studio della convessità). Saper effettuare lo studio di una funzione. Applicare il calcolo differenziale al calcolo di limiti (formula di Taylor, l'Hopital) * Integrazione: saper integrare le funzioni elementarmente integrabili, utilizzare le tecniche di sostituzione e di integrazione per parti. Conoscere i metodi di integrazione delle funzioni razionali. Conoscere il significato dell'integrale (somme di Riemann, aree). Padronanza del teorema fondamentale del calcolo. * Equazioni differenziali. Acquisire le tecniche di risoluzione delle equazioni differenziali a variabili separabili, lineari del I ordine, lineari del secondo ordine a coefficienti costanti. Sapere il significato del problema di Cauchy.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

L'insegnamento consiste in lezioni frontali in classe presentate con l'ausilio di tablet in cui verranno discussi con rigore formale sia gli aspetti teorico-modellistici degli argomenti che gli esempi e gli esercizi su problemi pratici che illustrino l'applicazione della teoria e sviluppino capacità autonome di risoluzione dei problemi.

Contenuti:

INSIEMI NUMERICI. Teoria elementare degli insiemi. Gli interi: assiomi di Peano e principio di induzione. Numeri razionali. La retta reale, assioma di completezza, max e min, sup e inf. Densità dei razionali. Numeri complessi e radici complesse. Elementi di topologia della retta reale. FUNZIONI DI UNA VARIABILE REALE E LIMITI. Generalità sulle funzioni di variabile reale. Limiti di funzioni e loro proprietà. SUCCESSIONI DI NUMERI REALI. Successioni e insiemi numerabili. Limiti di successioni. Topologia della retta reale vs. successioni. Successioni monotone e ricorsive. CONTINUITA'. Continuità di funzioni reali. Teorema degli zeri e di Weierstrass. Funzioni uniformemente continue. DERIVATE E STUDIO DI FUNZIONE. Derivazione. Crescenza, teoremi classici. Regola di de l'Hopital. Derivate successive e convessità. Formula di Taylor. Studio di funzione: schema generale ed esercizi. INTEGRALI. Integrale di Riemann. Calcolo delle primitive e tecniche di integrazione. Area di zone limitate di piano. EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE DI BASE. Generalità. Problema di Cauchy e analisi a priori. Equazioni differenziali del primo ordine a variabili separabili e lineari. Equazioni differenziali lineari: generalità, caso del secondo ordine a coefficienti costanti.

Modalità di esame:

L'esame consta in una prova scritta nella quale vengono proposti sia problemi di calcolo che problemi più teorici. Questi ultimi comprendono tra l'altro questioni sulla teoria generale presentata a lezione (tra cui definizioni, enunciati di teoremi e relative dimostrazioni).

Criteri di valutazione:

Verrà valutata la comprensione e la padronanza dei principali argomenti trattati nel corso: la correttezza nello svolgimento dei problemi, la conoscenza critica della teoria, la capacità di discutere e presentare le soluzioni degli esercizi, il rigore metodologico nella presentazione in particolare dei concetti teorici.

Testi di riferimento:

Bertsch, Michiel; Roberta Dal Passo; Giacomelli, Lorenzo, Analisi matematica. Milano: McGraw Hill, 2015 Giusti, Enrico, Analisi matematica 1 Enrico Giusti. Torino: Bollati-Boringhieri, 2002

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Le lezioni seguiranno le presentazioni dei testi indicati come riferimento oppure il materiale aggiuntivo messo a disposizione dal docente. Gli appunti di lezione in formato pdf, eventuale materiale aggiuntivo, nonché il programma del corso saranno disponibili in rete al termine delle lezioni sul sito moodle del Dipartimento di Fisica e Astronomia (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). L'orario di ricevimento verrà fissato compatibilmente con gli orari dei corsi entro l'inizio dell'anno accademico e verrà pubblicato sulla pagina web del docente. Indicazioni sui testi consigliati per esercizi: P. Marcellini, C. Sbordone, Esercitazioni di Matematica voll. 1 e 2 G. De Marco, C. Mariconda, Esercizi di Analisi Uno, Decibel Zanichelli

ANALISI MATEMATICA 2

Titolare: Prof. ROBERTO MONTI

Mutuato da: Laurea in Fisica (Ord. 2014)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Fisica

Aule: B

Prerequisiti:

Proramma del corso di Analisi 1 e di Geometria

Conoscenze e abilità da acquisire:

Apprendimento dei fondamenti di calcolo differenziale in piu' variabili

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni di teoria ed esercizi alla lavagna e/o tablet.

Contenuti:

1) Integrali generalizzati. Integrali impropri su intervallo illimitato: Teorema sulla convergenza assoluta. Teorema sulla convergenza di integrali di tipo oscillatorio. Integrali impropri di funzioni non limitate: criterio del confronto asintotico. 2) Serie. Serie numeriche: Vari criteri di convergenza. Successioni e serie di funzioni: convergenza uniforme. 3) Curve parametriche in \mathbb{R}^n . Curve in \mathbb{R}^n e curve regolari. Vettore tangente. Lunghezza di curve e curve rettificabili. Formula della lunghezza. Riparametrizzazione di curve e orientazione. Definizione e proprietà dell'integrale curvilineo. 4) Spazi metrici e normati. Spazio metrico e spazio normato. Disuguaglianza di Cauchy-Schwarz. Lo spazio $C([0,1];\mathbb{R}^n)$. Successioni in uno spazio metrico. Funzioni continue fra spazi metrici. Limiti in piu' variabili: esempi ed esercizi. Spazi metrici completi e spazi di Banach. \mathbb{R} ed \mathbb{R}^n sono completi con la distanza Euclidea. Convergenza puntuale e convergenza uniforme di successioni di funzioni. Cenno al teorema sullo scambio dei limiti. Teorema delle contrazioni. Insiemi aperti e chiusi in uno spazio metrico. Interno, chiusura e frontiera di un insieme. Caratterizzazione sequenziale della chiusura. Caratterizzazione topologia della continuità. Spazi metrici e insiemi compatti. Teorema di Heine-Borel. L'immagine continua di un compatto e' compatta. Teorema di Weierstrass. Spazi e insiemi connessi. 5) Calcolo differenziale in \mathbb{R}^n . Derivate parziali e derivate direzionali. Matrice Jacobiana e gradiente. Richiami sulle trasformazioni lineari. Funzioni differenziabili e differenziale. Spazio tangente al grafico di funzione. Matrice Jacobiana. Le funzioni di classe C^1 sono differenziabili. Teorema sul differenziale della funzione composta. Derivate successive. Funzioni di classe C^∞ . Teorema di Schwarz. Formula di Taylor in piu' variabili. Matrice Hessiana. Richiami sulle forme quadratiche: matrici definite e semidefinite. Punti critici e punti di estremo locale. Condizione necessaria al primo ordine per i punti di estremo locale. Condizione necessaria al secondo ordine per i punti di estremo locale. Condizione sufficiente al secondo ordine per i punti di estremo locale stretto. Matrici simmetriche 2×2 definite positive e negative. Punti di sella. Cenni sulle funzioni convesse 6) 1-Forme differenziali. Forme chiuse ed esatte. Integrali di forme differenziali lungo curve. Teorema di Poincare'.

Modalità di esame:

L'esame prevede una prova scritta in cui lo studente deve risolvere problemi ed esercizi ed una prova orale in cui lo studente deve dimostrare di aver compreso gli argomenti (definizioni, teoremi e dimostrazioni) spiegati nel corso. Per accedere alla prova orale e' necessario superare quella scritta. Non sono previsti compitiini.

Criteri di valutazione:

1 - Capacita' di risolvere problemi ed esercizi sugli argomenti trattati nel corso. 2 - Capacita' di esporre in modo consapevole i contenuti teorici spiegati nel corso.

Testi di riferimento:

Roberto Monti, Appunti del corso di Analisi 2. : ,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

- Dispense del docente disponibili in rete. - Fogli di esercizi settimanali messi in rete.

ANALISI MATEMATICA 2 - SDOPPIAMENTO

Titolare: Prof. ANDREA MARSON

Mutuato da: Laurea in Fisica (Ord. 2014)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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

Prerequisiti:

Proramma del corso di Analisi 1 e di Geometria

Conoscenze e abilità da acquisire:

Apprendimento dei fondamenti di calcolo differenziale in piu' variabili

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni di teoria ed esercizi alla lavagna e/o tablet.

Contenuti:

1) Integrali generalizzati. Integrali impropri su intervallo illimitato: Teorema sulla convergenza assoluta. Teorema sulla convergenza di integrali di tipo oscillatorio. Integrali impropri di funzioni non limitate: criterio del confronto asintotico. 2) Serie. Serie numeriche: Vari criteri di convergenza. Successioni e serie di funzioni: convergenza uniforme. 3) Curve parametriche in \mathbb{R}^n . Curve in \mathbb{R}^n e curve regolari. Vettore tangente. Lunghezza di curve e curve rettificabili. Formula della lunghezza. Riparametrizzazione di curve e orientazione. Definizione e proprietà dell'integrale curvilineo. 4) Spazi metrici e normati. Spazio metrico e spazio normato. Disuguaglianza di Cauchy-Schwarz. Lo spazio $C([0,1];\mathbb{R}^n)$. Successioni in uno spazio metrico. Funzioni continue fra spazi metrici. Limiti in piu' variabili: esempi ed esercizi. Spazi metrici completi e spazi di Banach. \mathbb{R} ed \mathbb{R}^n sono completi con la distanza Euclidea. Convergenza puntuale e convergenza uniforme di successioni di funzioni. Cenno al teorema sullo scambio dei limiti. Teorema delle contrazioni. Insiemi aperti e chiusi in uno spazio metrico. Interno, chiusura e frontiera di un insieme. Caratterizzazione sequenziale della chiusura. Caratterizzazione topologia della continuità. Spazi metrici e insiemi compatti. Teorema di Heine-Borel. L'immagine continua di un compatto e' compatta. Teorema di Weierstrass. Spazi e insiemi connessi. 5) Calcolo differenziale in \mathbb{R}^n . Derivate parziali e derivate direzionali. Matrice Jacobiana e gradiente. Richiami sulle trasformazioni lineari. Funzioni differenziabili e differenziale. Spazio tangente al grafico di funzione. Matrice Jacobiana. Le funzioni di classe C^1 sono differenziabili. Teorema sul differenziale della funzione composta. Derivate successive. Funzioni di classe C^∞ . Teorema di Schwarz. Formula

di Taylor in piu' variabili. Matrice Hessiana. Richiami sulle forme quadratiche: matrici definite e semidefinite. Punti critici e punti di estremo locale. Condizione necessaria al primo ordine per i punti di estremo locale. Condizione necessaria al secondo ordine per i punti di estremo locale. Condizione sufficiente al secondo ordine per i punti di estremo locale stretto. Matrici simmetriche 2×2 definite positive e negative. Punti di sella. Cenni sulle funzioni convesse 6) 1-Forme differenziali. Forme chiuse ed esatte. Integrali di forme differenziali lungo curve. Teorema di Poincare'.

Modalità di esame:

L'esame prevede una prova scritta in cui lo studente deve risolvere problemi ed esercizi ed una prova orale in cui lo studente deve dimostrare di aver compreso gli argomenti (definizioni, teoremi e dimostrazioni) spiegati nel corso. Per accedere alla prova orale e' necessario superare quella scritta. Non sono previsti compitiini.

Criteri di valutazione:

1 - Capacita' di risolvere problemi ed esercizi sugli argomenti trattati nel corso. 2 - Capacita' di esporre in modo consapevole i contenuti teorici spiegati nel corso.

Testi di riferimento:

M. Bertsch, R. Dal Passo, L. Giacomelli, Analisi Matematica. : McGraw-Hill, N. Fusco, P. Marcellini, C. Sbordone, Lezioni di Analisi Matematica 2. : Zanichelli, E. Giusti, Analisi Matematica 2. : Bollati Boringhieri, Roberto Monti, Appunti del corso di Analisi 2. : ,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

- Dispense del docente disponibili in rete. - Fogli di esercizi settimanali messi in rete.

ANALISI MATEMATICA 3

Titolare: Dott. CORRADO MARASTONI

Mutuato da: Laurea in Fisica (Ord. 2014)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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

Sede dell'insegnamento: Aula C-Dipartimento di Fisica

Aule: Aula C-Dipartimento di Fisica

Prerequisiti:

Analisi Matematica 1, Analisi Matematica 2, Geometria

Conoscenze e abilità da acquisire:

Scopo principale del corso (diretta continuazione di Analisi Matematica 1 e 2) e' lo studio del calcolo integrale in piu' variabili reali e della teoria generale delle equazioni differenziali ordinarie.

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:

Varieta' differenziali, strutture tangenti, massimi e minimi vincolati. Forme differenziali lineari, campi vettoriali e loro integrazione. Integrazione alla Lebesgue negli spazi affini e sulle varieta'. Teoremi classici sull'integrazione dei campi vettoriali (Green, rotore, divergenza). Teoria generale delle equazioni differenziali ordinarie; equazioni e sistemi differenziali lineari.

Modalità di esame:

Prova scritta, eventualmente seguita da prova orale facoltativa.

Criteri di valutazione:

Sara' valutata la capacita' di affrontare e risolvere in modo autonomo, rapido e preciso i problemi proposti, applicando appropriatamente i concetti e le metodologie 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.

ASTROFISICA 1

Titolare: Prof. ENRICO MARIA CORSINI

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 56A; 7,00

Sede dell'insegnamento: Ex Dipartimento di Astronomia vicolo dell'Osservatorio 3

Aule: Aula L. Rosino

Prerequisiti:

Conoscenze di base in astronomia, fisica generale e calcolo numerico. Per poter sostenere questo esame bisogna avere prima superato gli esami di Analisi Matematica 1 (o Geometria), Fisica Generale 1 e Sperimentazioni di Fisica 1.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Lo studente acquisirà delle conoscenze di base sulla struttura della Via Lattea e delle altre galassie per comprenderne i processi di formazione ed evoluzione grazie a dati fotometrici e spettroscopici ottenuti con osservazioni da terra e dallo spazio e interpretati con l'ausilio di modelli teorici. Sarà in grado di ottenere informazioni sulle proprietà fisiche delle galassie interrogando i principali atlanti e cataloghi galattici.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali ed esercitazioni con l'uso di lavagna e presentazioni PowerPoint su temi di natura osservativa e di carattere teorico relativi alla struttura delle galassie. Alcune esercitazioni si svolgono presso l'Osservatorio Astrofisico di Asiago. Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

1) Struttura e dinamica della Via Lattea: Sistema di riferimento in quiete fondamentale e locale. Velocità peculiari, moto solare, apice solare. Moti propri stellari e velocità radiali nei dintorni solari. Ellissoide delle velocità. Diagramma di Bottlinger. Formule di Oort e curva di rotazione della Via Lattea. Equazione dell'asymmetric drift. Popolazioni stellari, struttura a spirale della Via Lattea. 2) Morfologia delle galassie: Classificazione morfologica delle galassie normali (Hubble, de Vaucouleurs, van den Bergh, Morgan). Classificazione morfologica delle galassie peculiari (Arp, Vorontsov-Velyaminov). Morfologia e luminosità. Morfologia delle galassie del Gruppo Locale. Limiti delle classificazioni morfologiche. 3) Fotometria delle galassie: Brillanza superficiale, luminosità integrata, curve di crescita, isofote, raggio equivalente ed efficace, profili radiali di brillantezza superficiale. Forma delle isofote, rotazione delle isofote, deviazioni dalla forma ellittica, isofote 'a disco' e 'a scatola'. Profili fotometrici per galassie ellittiche e sferoidi di galassie a disco (leggi di Reynolds-Hubble, Hubble modificata, de Vaucouleurs, Oemler, Nuker, King, Sersic). Profili fotometrici per i dischi (legge esponenziale di tipo I e di tipo II), legge di Freeman, galassie ad alta e bassa brillantezza superficiale centrale. Decomposizioni fotometriche parametriche monodimensionali e a più assi, ellitticità dello sferoide, inclinazione del disco. Decomposizioni fotometriche parametriche bidimensionali. Applicazioni delle decomposizioni fotometriche (rapporto sferoide-disco, strutture, dischi nucleari). Caratteristiche fotometriche delle galassie ellittiche, S0, spirali e irregolari. 4) Forma intrinseca delle galassie: Forma delle galassie ellittiche, ellittiche con bande di polveri e dischi di gas, piani di equilibrio. Forma delle galassie a disco, spessore dei dischi. Schiacciamenti apparente ed intrinseco, inclinazione, sfera delle orientazioni, funzione di distribuzione degli schiacciamenti intrinseci. 5) Cinematica delle galassie: Cenni sulle proprietà del mezzo interstellare (gas ionizzato, atomico, molecolare, coronale, polveri). Cinematica del gas (ionizzato, atomico, molecolare). Redshift, curva di rotazione, velocità di sistema, profilo radiale di dispersione di velocità, campo di velocità e di dispersione di velocità. Deproiezione della velocità osservata, tratto rigido, tratto piatto. Cinematica delle stelle, distribuzione delle velocità lungo la linea di vista, coefficienti h_3 e h_4 . Dischi nucleari di gas e polveri, dischi estesi di gas, disaccoppiamenti cinematici. 6) Massa delle galassie: Determinazione della massa delle galassie ellittiche con traccianti stellare (teorema del viriale; equazioni dell'idrodinamica) e gassoso (dischi di gas ionizzato, molecolare, neutro, alone X). Determinazione della massa delle galassie a spirale con traccianti gassoso (dischi di gas ionizzato, molecolare, neutro). Rapporto massa-luminosità, materia oscura. 7) Scala delle distanze: Parallasse, metodo di Baade-Wesselink. Cefeidi, RR Lyrae, novae. Supernovae Ia, funzioni di luminosità degli ammassi globulari e delle nebulose planetarie. Relazione di Tully-Fisher, relazione di Faber-Jackson, relazione D-sigma. Distanza del centro galattico, della Grande Nube di Magellano, di M31 e dell'Ammasso della Vergine. Legge di Hubble, costante di Hubble.

Modalità di esame:

Prova scritta con esercizi e orale con domande sugli argomenti svolti a lezione. Il superamento della prova scritta è necessario per poter accedere alla prova orale.

Criteri di valutazione:

La valutazione della preparazione dello studente si baserà sulla conoscenza e comprensione degli argomenti trattati durante le lezioni e le esercitazioni, sulla capacità di applicare le conoscenze acquisite in modo autonomo e consapevole anche attraverso la soluzione di esercizi, sulla proprietà di linguaggio e sulla chiarezza della esposizione.

Testi di riferimento:

Binney, J.; Merrifield, M., Galactic Astronomy. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1998 Phillips, S., The Structure and Evolution of Galaxies. Chichester: Wiley, 2005 Cimatti, A.; Fraternali, F.; Nipoti, C., Introduction to Galaxy Formation and Evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 2020

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Tutto il materiale didattico presentato durante le lezioni e le esercitazioni viene messo a disposizione degli studenti attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). I testi di riferimento non sono obbligatori e possono essere consultati presso la Biblioteca del Dipartimento di Fisica e Astronomia o presso l'ufficio del docente.

ASTROFISICA 2

Titolare: Prof.ssa PAOLA MARIGO

Periodo: III anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia Vicolo dell'Osservatorio 3 35100 Padova

Aule: Da definire

Prerequisiti:

Elementi di trigonometria piana, derivate, integrali, nozioni di base di fisica. Per poter sostenere questo esame bisogna avere superato Analisi Matematica 1, Analisi Matematica 2, Geometria, Fisica Generale 1, Fisica Generale 2 e Sperimentazioni di Fisica 1. Si consiglia di aver superato anche gli esami di Astronomia 1 e Astronomia 2 (Mod. A).

Conoscenze e abilità da acquisire:

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti i fondamenti teorici della struttura e dell'evoluzione delle stelle, dalla loro nascita fino agli stadi finali.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni in aula, con utilizzo sia di metodologia classica (lezioni alla lavagna) che di supporti multimediali (diapositive, filmati, applet, interfacce-web per la generazione in tempo reale di modelli stellari). Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

1) Introduzione e panoramica dell'insegnamento. Vincoli osservativi, il diagramma H-R, relazioni massa-luminosità e massa-raggio, popolazioni stellari e abbondanze chimiche. 2) Idrostatica, energetica e scale di tempo. Derivazione di tre equazioni della struttura stellare (conservazione di massa, quantità di moto ed energia). Equilibrio idrostatico e termico. Derivazione del teorema del viriale e le sue conseguenze per l'evoluzione stellare. Derivazione delle scale di tempo caratteristiche dell'evoluzione stellare. 3) Equazione di stato (EoS). Equilibrio termodinamico locale. Derivazione generale di n , U , P , dalla meccanica statistica. Casi limite: gas ideale, degenerazione. Miscela di gas e radiazione. Processi adiabatici. Ionizzazione (equazione di Saha, conseguenze per le proprietà termodinamiche). 4) Trasporto di energia all'interno delle stelle. La 4a equazione della struttura stellare: l'equazione del trasporto di energia. Approssimazione diffusiva del trasporto di radiazione. Il gradiente di temperatura radiativo. Opacità. Luminosità di Eddington. Convezione: Derivazione di criteri di stabilità (Schwarzschild, Ledoux). Trasporto di energia convettivo. Teoria della Mixing Length. 5) Reazioni termonucleari. Produzione di energia nucleare (energia di legame). Derivazione della velocità di reazione termonucleare (sezioni d'urto, effetto tunnel, picco di Gamow). Dipendenza dalla temperatura della velocità di reazione nucleare. Cicli di combustione: bruciamento dell'idrogeno mediante la catena p-p e il ciclo CNO. Bruciamento dell'elio: reazioni 3-alfa e alfa + C. Reazioni di bruciamenti nucleari avanzati. 6) Le equazioni dell'evoluzione stellare. Introduzione, derivate rispetto a tempo / spazio, casi limite. Condizioni al contorno e loro effetto sulla struttura stellare. Metodi di soluzione. 7) Modelli stellari semplici. Modelli politropici. Relazioni di omologia: principi, derivazione, applicazione alle fasi di contrazione gravitazionale e alla fase di sequenza principale. 8) Evoluzione schematica dal teorema del viriale (VT). Evoluzione delle regioni centrali della stella combinando il VT ed EOS: tracce evoluzione in termini di (P , ρ) e (T , ρ). Evoluzione o meno verso la condizione di degenerazione del gas. La massa di Chandrasekhar, stelle di piccola massa vs stelle massicce. Masse critiche per l'innesco dei bruciamenti, nane brune, cicli di combustione nucleare. 9) Evoluzione dettagliata: verso e sulla sequenza principale (MS). Semplice derivazione della linea di Hayashi, evoluzione di pre-MS. Proprietà della ZAMS: relazioni M-L e M-R, comparsa delle regioni convettive. Evoluzione durante la MS: cambiamenti strutturali, caratteristiche di stelle di piccola massa vs quelle di massa elevata, effetti di overshooting. 10) Evoluzione di Post-MS. Il limite di Schoenberg-Chandrasekhar, il principio dello specchio. La fase di bruciamento di H in shell: Hertzsprung-gap, la fase di ramo di gigante rossa (RGB), il primo dredge-up. La fase di bruciamento centrale di elio: ramo orizzontale, loop delle Cefeidi, perdita di massa in RGB. 11) Stadi evolutivi avanzati delle stelle di massa piccola e intermedia. La fase di II ramo asintotico (AGB): pulsioni termiche, secondo e terzo dredge-up, perdita di massa, nucleosintesi. Nane bianche: struttura, effetti non ideali, Descrizione semplificata della teoria del raffreddamento. 12) Evoluzione di pre-supernova di stelle massicce. Importanza della perdita di massa in tutto il diagramma H-R (stelle O, RSG, LBV e WR). Evoluzione del nucleo: cicli di combustione nucleare e perdite di neutrini. 13) Esplosioni di supernova e resti di stelle massicce. Evoluzione del nucleo fino al collasso. Supernovae di tipo Ia.

Modalità di esame:

Verifica orale e/o scritta con domande aperte su tutti gli argomenti trattati nell'insegnamento.

Criteri di valutazione:

Accertamento della comprensione e della padronanza degli argomenti trattati.

Testi di riferimento:

Salaris, Maurizio; Cassisi, Santi, Evolution of Stars and Stellar Populations. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2005 Kippenhahn, Rudolf; Weiss, Achim, Stellar Structure and Evolution. Heidelberg: Springer, 2012 Prialnik, Dina, An Introduction to the Theory of Stellar Structure and Evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 2010 Hansen, Carl J.; Kawaler, Steven D.; Trimble, Virginia, Stellar Interiors: Physical Principles, Structure, and Evolution. New York: Springer, 2004

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Diapositive e altro materiale reso disponibile in formato elettronico agli studenti. I testi di riferimento non sono obbligatori e possono essere consultati presso l'ufficio del docente.

ASTROFISICA DEL SISTEMA SOLARE

Titolare: Prof.ssa MONICA LAZZARIN

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

L'insegnamento richiede le conoscenze di base di fisica, chimica e matematica acquisite durante i primi due anni del Corso di Laurea in Astronomia. Per poter sostenere questo esame bisogna avere prima superato gli esami di Analisi Matematica 1 (o Geometria), Fisica Generale 1 e Sperimentazioni di Fisica 1.

Conoscenze e abilità da acquisire:

L'insegnamento si propone di fornire una panoramica generale del Sistema Solare e gli elementi di base per lo studio dei corpi minori del Sistema Solare e di rendere partecipi gli studenti delle ultimissime conoscenze relative a questi corpi provenienti dalle ricerche, comprese quelle spaziali, attualmente in corso. In particolare verranno acquisite conoscenze relative ai pianeti, satelliti e alle proprietà chimiche, fisiche e dinamiche dei piccoli corpi del Sistema Solare, comete e asteroidi.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

L'insegnamento si svolgerà mediante lezioni frontali con utilizzo sia dei metodi classici che dei mezzi informatici. Gli studenti sono stimolati a partecipare attivamente alle lezioni mediante domande e interventi. Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

1) Generalità sul Sistema Solare. - Introduzione al Sistema Solare: descrizione generale della struttura e dei componenti. - Cenni sull'origine e formazione del Sistema Solare. - Classificazione dei pianeti e loro caratteristiche chimiche, fisiche e dinamiche: confronto tra le loro proprietà. - Proprietà principali di pianeti e satelliti (moti orbitali, massa, dimensione, rotazione, forma, temperatura, campi magnetici, composizione, atmosfere). - Proprietà generali delle lune e degli anelli dei pianeti giganti. - Forze mareali. 2) Corpi minori. - Quali sono i corpi minori e importanza del loro studio. - Origine di comete e asteroidi. - Descrizione delle tre zone principali occupate dai corpi minori: fascia asteroidale, fascia di Kuiper e nube di Oort. - Risonanze e loro importanza nella formazione e stabilità del Sistema Solare. 3) Comete. - Formazione. - Classificazione generale. - Classificazione mediante l'invariante di Tisserand. - Orbite cometarie. - Forze non gravitazionali e loro influenza sul moto di una cometa. 4) Fascia di Kuiper. - Classificazione degli oggetti della Kuiper Belt (KBO) e descrizione delle varie classi. - Oggetti binari. - Descrizione degli oggetti più grandi identificati nella Kuiper Belt (Plutone, Quaoar, Sedna, 2003 EL61, Eris). - Centauri. - Distribuzione di luminosità e popolazione totale. - Proprietà fisiche dei KBO: albedo, dimensioni, rotazione, forma. - Composizione superficiale dei KBO mediante spettroscopia e fotometria. - Struttura della Kuiper Belt e sua formazione. - Relazioni con altri oggetti del Sistema Solare: lune di pianeti giganti, Centauri, comete della famiglia di Giove. 5) Proprietà fisiche delle comete. - Struttura di una cometa attiva e non attiva. - Magnitudine di una cometa. - Nucleo cometario e sue proprietà. Nucleo della cometa di Halley e informazioni ottenute dall'incontro con la sonda Giotto. - Modelli di nucleo cometario. - Dimensioni, massa e densità di un nucleo cometario. - Evoluzione di una cometa attorno al Sole, formazione di chioma e code. - Teoria

della vaporizzazione. - Struttura della chioma. - Meccanismi di produzione delle specie osservate nella chioma e nella coda. - Polvere cometaria e struttura della coda di polvere. - Struttura della coda di ioni. - Spettri cometari dall'uv al radio. - Spettri della chioma: meccanismi di eccitazione ed emissione. - Modello di Haser e di Festou per il calcolo della distribuzione di densità nella chioma cometaria. - Evoluzione superficiale delle comete e nuclei cometari inattivi. - Asteroidi in orbite cometarie, riattivazione di nuclei cometari. - Distinzioni e relazioni comete-asteroidi. - Comete nella main-Belt. 6) Missioni cometary: cosa ci hanno insegnato le missioni verso nuclei cometari effettuate finora. 7) Asteroidi. - Distribuzione nel Sistema Solare. - Caratteristiche generali. - Troiani. - Effetto Yarkovski. - Effetto YORP. - Asteroidi binari. - Famiglie di asteroidi. - Proprietà fisiche degli asteroidi: massa, densità, albedo, magnitudine e dimensioni. - Tassonomia degli asteroidi e distribuzione delle classi nella fascia principale. - Spettroscopia e mineralogia superficiale degli asteroidi nella regione del visibile e infrarosso. 8) Missioni asteroidali: cosa ci hanno insegnato le missioni verso asteroidi effettuate finora.

Modalità di esame:

L'esame prevede un colloquio orale in cui verranno discussi i contenuti dell'insegnamento.

Criteri di valutazione:

I criteri di valutazione si basano sulla verifica delle competenze acquisite, la capacità di collegare argomenti diversi e di esprimersi in modo chiaro e corretto. Si ritiene che lo studente, alla fine del percorso, debba possedere le conoscenze di base per poter affrontare le varie problematiche che riguardano i pianeti e gli oggetti minori del Sistema Solare.

Testi di riferimento:

Krishna Swamy, K. S., Physics of Comets. New Jersey: World Scientific, 2010 Bertotti, B.; Farinella, P.; Vokrouhlicky, D., Physics of the Solar System: Dynamics and Evolution, Space Physics, and Spacetime Structure. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003 Bottke, W. F. jr., Asteroids 3. Tucson: The University of Arizona Press, 2002 Balsiger, H.; Altwegg, K.; Huebner W. F. (eds.), Origin and Early Evolution of Comet Nuclei (Space Science Series, vol. 28). Berlin: Springer, 2008 Lissauer, J. J.; de Pater, I., Fundamental Planetary Science. Cambridge: Cambridge University Press, 2013 Mann, I.; Nakamura, A.; Mukai, T. (eds.), Small Bodies in Planetary System. Berlin: Springer-Verlag, 2009

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Saranno fornite come integrazione per la preparazione all'esame dispense preparate dal docente e rese disponibili attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). I testi di riferimento verranno suggeriti precisamente all'inizio delle lezioni. Si consiglia pertanto di non acquisire alcun testo prima dell'inizio delle lezioni.

ASTRONOMIA 1

Titolare: Prof. GIAMPAOLO PIOTTO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 56A; 7,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia

Aule: Aula A

Prerequisiti:

Nozioni elementari di trigonometria piana, derivate e integrali, fisica generale, chimica. Per poter sostenere questo esame bisogna avere prima superato gli esami di Analisi Matematica 1 (o Geometria), Fisica Generale 1 e Sperimentazioni di Fisica 1.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Conoscenza degli elementi fondamentali di astronomia sferica, coordinate, movimenti della sfera celeste, delle stelle fisse e dei pianeti. Misura dei parametri principali dei pianeti e delle stelle: distanza, massa, raggio. Conoscenze di base sui pianeti del sistema solare. Conoscenze di base sui pianeti extrasolari. Conoscenze di base di astrofisica stellare: spettri stellari, classificazione spettrale delle stelle, magnitudine, colore, diagrammi colore-magnitudine e due colori. Assorbimento interstellare. Conoscenze di base sul funzionamento di un telescopio.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali ed esercizi. Esperienza osservativa all'Osservatorio Astrofisico di Asiago (in presenza o via web). Lezione presso il Museo "La Specola" dell'Osservatorio Astronomico di Padova (in presenza o via web). Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

Elementi di trigonometria piana e sferica. I sistemi di riferimento astronomici e le coordinate astronomiche. Trasformazioni di coordinate astronomiche. Nascere e tramontare degli astri. La definizioni e misura del tempo. L'anno. I movimenti dei piani fondamentali sulla sfera celeste. Precessione. Nutazione. L'aberrazione della luce. La parallasse. Velocità radiali e moti propri. Il moto apparente di Sole, Luna e pianeti. Eclissi, transiti e occultazioni. Maree. Le leggi di Keplero. Effemeridi e elementi orbitali. Distanze, masse, raggi degli oggetti del Sistema Solare. Il Sistema Solare. I sistemi planetari extrasolari. Corpo nero e legge di Planck. Legge di Wien e di Stefan-Boltzman. Definizione di magnitudine apparente e assoluta. Modulo di distanza. Definizione di sistema fotometrico. Indici di colore. I sistemi fotometrici di Johnson-Cousins e di Stromgren. Temperatura di colore. Distanze, masse e raggi delle stelle. Diagrammi colore-magnitudine e diagrammi colore-colore. Assorbimento e arrossamento interstellare. Leggi di Boltzmann e Saha per l'interpretazione degli spettri stellari. Classificazione spettrale delle stelle. Effetti di luminosità e di metallicità sugli spettri stellari. Ammassi aperti. Ammassi globulari. Telescopi per osservazioni ottiche, vicino ultravioletto e vicino infrarosso.

Modalità di esame:

Scritto con esercizi e domande aperte sui contenuti dell'insegnamento con eventuale integrazione orale.

Criteri di valutazione:

Capacità di svolgere esercizi di astronomia sferica ed esercizi con le magnitudini. Capacità di esporre in modo appropriato e conoscenza degli argomenti del programma dell'insegnamento. Capacità di collegare i diversi argomenti trattati a lezione.

Testi di riferimento:

Rosino, Leonida, Lezioni di astronomia. Padova: CEDAM, 1979 Barbieri, Cesare, Lezioni di astronomia. Bologna: Zanichelli, 2002

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Materiale didattico del docente fornite attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). Testi di riferimento.

C.I. DI ASTRONOMIA 2

Titolare: Prof. SERGIO ORTOLANI

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Prerequisiti:

Conoscenze di base di Analisi Matematica 1 e 2, Fisica Generale 1 e 2, Fisica Quantistica, Astronomia. Per poter sostenere questo esame bisogna avere superato Analisi Matematica 1, Analisi Matematica 2, Geometria, Fisica Generale 1, Fisica Generale 2, Sperimentazioni di Fisica 1 e Astronomia 1.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Acquisizione e approfondimento dei concetti fisici indispensabili per lo studio delle atmosfere stellari attraverso l'interpretazione di dati fotometrici e spettroscopici.

Modalità di esame:

Mod. A: Esame orale o scritto con domande aperte sugli argomenti trattati a lezione. Mod. B: Esame orale sugli argomenti trattati a lezione, eventualmente con la discussione di un elaborato prodotto dallo studente su un argomento concordato con il docente.

Criteri di valutazione:

Valutazione della conoscenza del programma, della capacità di ragionare con i concetti acquisiti durante l'insegnamento, della proprietà di linguaggio, della capacità di fare collegamenti tra i vari argomenti trattati.

Moduli del C.I.:

Astronomia 2 (Mod. A)

Astronomia 2 (Mod. B)

ASTRONOMIA 2 (MOD. A)

Titolare: Prof. SERGIO ORTOLANI

Periodo: III anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia

Aule: Aula A

Contenuti:

L'insegnamento intende estendere le conoscenze di base di astronomia, con particolare attenzione agli aspetti osservativi-interpretativi estendendo lo studio anche al dominio radio. Il programma include una prima parte sugli effetti dell'atmosfera sulle osservazioni e una seconda parte sui meccanismi di base di emissione del continuo, con applicazioni alle sorgenti galattiche. In questa parte vengono discusse in particolare le problematiche connesse all'emissione galattica di free free e di sincrotrone. Un capitolo a parte è dedicato agli aspetti fenomenologici delle pulsar. 1) Generalità dello spettro elettromagnetico. 2) La struttura verticale dell'atmosfera terrestre. 3) Influenza dell'atmosfera sulle osservazioni. 4) La turbolenza dell'atmosfera terrestre e il seeing. 5) Il radar in astronomia, applicazioni. 6) Richiamo delle leggi di corpo nero e applicazioni astrofisiche. 7) Emissione termica ed equazione del trasporto di una nube. 8) Emissione termica galattica in radio: emissione di free free, spettro continuo in radio delle regioni HII. 9) La radiazione di sincrotrone galattica. Rotazione di Farady. 10) Pulsar e stelle a neutroni: proprietà, distanze, distribuzione galattica. Il modello del rotatore obliquo ed età delle pulsar. Frequenza di formazione e progenitori.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali con utilizzo di lavagna e presentazioni PowerPoint. Le lezioni sono tenute in italiano.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense del docente fornite attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). Sono disponibili anche articoli scientifici su argomenti specifici per eventuali approfondimenti.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

ASTRONOMIA 2 (MOD. B)

Titolare: Prof. GIOVANNI CARRARO

Periodo: III anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia

Aule: da definire

Contenuti:

Funzionamento di uno spettrografo, tipi di spettrografi, risoluzione spettrale. Intensità specifica. Corpo nero. Richiami di struttura atomica. Accoppiamento L-

S, struttura fine ed iperfine. Effetto Zeeman. Richiami di struttura molecolare. Transizioni rotazionali, vibrazionali ed elettroniche in molecole. Trasporto radiativo di energia con assorbimento ed emissione. La funzione sorgente $S^?$. Righe di assorbimento e di emissione. Equazione del trasporto. Equazione del trasporto radiativo in atmosfera piano parallela. Flusso. Flusso alla superficie e temperatura effettiva. Densità di radiazione. Dipendenza della Source Function dalla profondità. Equilibrio radiativo, termodinamico, e termodinamico locale. Stratificazione teorica della temperatura in un'atmosfera grigia in equilibrio radiativo. Dipendenza della temperatura dalla profondità ottica. Assorbimento continuo degli atomi d'idrogeno. Processi di assorbimento dell'idrogeno, serie di Balmer e Lyman. Atomi di calcio e sodio. Coefficienti di Einstein, principio di bilanci dettagliati. Equazione di Boltzmann. Equazione di Saha. Distribuzione di Maxwell Boltzmann Formazione di righe otticamente sottili. Profilo di una riga otticamente sottile. Allargamento Doppler. Profilo di Voigt. Microturbolenza Larghezza equivalente di righe otticamente sottili. Righe otticamente spesse. Curva di crescita. Influenza dell'allargamento Doppler e naturale sulla curva di crescita. Discontinuità di Balmer e righe dell'idrogeno. Transizioni collisionali, determinazione di temperatura e densità dal modello a tre livelli: regioni HII, PNAe, NLRs. Radio astronomia: riga 21 cm, temperatura di brillantezza, densità di colonna. Molecole di H₂, CO e CN. Temperature cinetica, di eccitazione e di radiazione Equilibrio termodinamico del mezzo interstellare: legge di Milne.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali ed esercitazioni su dati osservativi. Le lezioni sono tenute in italiano.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Libro di testo. Dispense manoscritte del docente fornite attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). Diapositive, video, e testi aggiuntivi quando necessari

Testi di riferimento:

Boehm-Vitense, E., Stellar Astrophysics, Vol. 2. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1989

C.I. DI FISICA QUANTISTICA

Titolare: Prof. ALBERTO AMBROSETTI

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Prerequisiti:

Per poter sostenere questo esame bisogna avere superato Analisi Matematica 1, Analisi Matematica 2, Geometria, Fisica Generale 1, Fisica Generale 2 e Sperimentazioni di Fisica 1.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Conoscenze di base di Meccanica Statistica, Fisica Moderna e Fisica Quantistica. Saper usare l'equazione di Schroedinger per risolvere semplici problemi. Capire le differenze tra Fisica Classica e Fisica Moderna. Saper analizzare in termini di Meccanica Quantistica fenomeni su scala atomica.

Modalità di esame:

Esame scritto con esercizi e orale con domande sul programma.

Criteri di valutazione:

Comprensione degli elementi appresi durante l'insegnamento. Dimostrare di saper usare i formalismi e i metodi introdotti durante l'insegnamento. Dimostrare di saper usare i concetti e i metodi della Meccanica Quantistica a casi fisici rilevanti.

Moduli del C.I.:

Fisica Quantistica (Mod. A)

Fisica Quantistica (Mod. B)

FISICA QUANTISTICA (MOD. A)

Titolare: Prof. ALBERTO AMBROSETTI

Periodo: III anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 56A; 7,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Fisica

Aule: da definire

Contenuti:

A) Meccanica statistica. 1) Random walk, distribuzione binomiale, limite della distribuzione normale: distribuzione normale. Teoria cinetica dei gas, libero cammino medio, distribuzione delle velocità di Maxwell-Boltzmann. 2) Postulati della meccanica statistica, insieme micro-canonical. 3) Condizioni per l'equilibrio termico, insieme canonico, definizione di temperatura, formule per il gas di molecole non interagenti. 4) Applicazioni della distribuzione canonica: distribuzione delle velocità di Maxwell-Boltzmann, oscillatore armonico 1-D, funzione di partizione e teorema dell'equipartizione dell'energia, oscillazioni armoniche nei solidi, calori specifici a volume costante. 5) Forze generalizzate nella distribuzione canonica, formula dell'entropia nella distribuzione canonica, limite termodinamica e formula dell'entropia nella distribuzione micro-canonical. 6) Paradosso di Gibbs, funzione di partizione per particelle identiche, terzo principio della termodinamica (o di Nernst), implicazioni per i calori specifici. B) Quantizzazione della luce. 1) Radiazione di corpo nero: definizioni e considerazioni generali, potere emissivo e potere assorbente, teoria classica: formula di Rayleigh-Jeans, ipotesi di Planck, formula di Planck, energia dei fotoni. 2) Effetto fotoelettrico, spiegazione di Einstein. 3) Momento dei Fotoni, effetto Compton. C) Dall'atomo di Bohr all'ipotesi di de Broglie. 1) Spettri di emissione e assorbimento dei gas atomici; spettro di emissione del atomo H; formula di Balmer; formula di Rydberg; modello atomico di Thomson; esperimento di Rutherford. 2) Postulati di Bohr; atomo di H secondo Bohr; livelli energetici; esperimento di Franck e Hertz. 3) Ipotesi di de Broglie; esperimento di Davisson e Germer; Diffrazione da cristalli: legge di Bragg. 4) Significato fisico della funzione d'onda; trasformate di Fourier; onde in un mezzo dispersivo; pacchetti d'onda, velocità di gruppo; pacchetto d'onda gaussiano e sua trasformata; funzione di Dirac; principio di indeterminazione di Heisenberg. D) L'equazione di Schroedinger. 1) Costruzione dell'equazione di Schroedinger; caso del potenziale a gradino coefficienti di riflessione e trasmissione. 2) Stati stazionari, stati legati, stati degeneri; buca di potenziale infinita; buca rettangolare, effetto tunnel.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

L'insegnamento prevede lezioni frontali di teoria corredata da esemplificazioni. Verranno proposti regolarmente agli studenti degli esercizi che verranno poi discussi in aula. Le lezioni sono tenute in italiano.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense del docente "Dispensa del corso Fisica Quantistica (Mod. A)" fornite attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>).

Testi di riferimento:

John D. McGervey, Introduction to Modern Physics. : Academic press,

FISICA QUANTISTICA (MOD. B)

Titolare: Prof. STEFANO MASSAI

Periodo: III anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Sede dell'insegnamento: Informazioni in lingua non trovate

Aule: Informazioni in lingua non trovate

Contenuti:

1) Postulati e formalismo della meccanica quantistica. Principio di sovrapposizione e di corrispondenza. Osservabili. Operatori hermitiani e loro autofunzioni ed autovalori. Formalismo di Dirac. Probabilità di Transizione. Valori medi. Sistema completo di osservabili. Variabili complementari e compatibili. Algebra dei commutatori. Relazione di indeterminazione. 2) Teoria delle Rappresentazioni. Rappresentazione delle coordinate. Equazione di Schroedinger. Interpretazione della funzione d'onda. Rappresentazione degli impulsi e Trasformate di Fourier. 3) Oscillatore armonico in una dimensione. Autostati ed autovalori. Polinomi di Hermite. Operatori creazione e distruzione. Soluzione algebrica dell'oscillatore armonico. Stati coerenti. 4) Evoluzione Temporale. Schema di Schroedinger. Schema di Heisenberg. Operatori unitari e generatori Hermitiani. 5) Momento angolare. Definizione e relazioni di commutazione. Derivazione algebrica di autovalori ed autofunzioni. Rappresentazione standard. Momento angolare orbitale ed armoniche sferiche. Spin. Cenni sulla composizione di momenti angolari. 6) Potenziali centrali. Hamiltoniana in coordinate sferiche. Separazione di variabili. Equazione radiale e sue soluzioni. Oscillatore armonico isotropo tridimensionale. Problema a due corpi. Atomo d'idrogeno. Soluzione dell'equazione di Schroedinger e spettro dell'energia. 7) Breve introduzione alla teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo: variazione dei livelli energetici al prim'ordine.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

L'insegnamento prevede lezioni frontali di teoria corredata da esercizi. Le attività formative proposte sono in linea con gli obiettivi dell'insegnamento di fornire i fondamenti fenomenologici che hanno portato allo sviluppo della Fisica Moderna e le metodologie teoriche per affrontare i problemi posti dalla Meccanica Quantistica. Le lezioni sono tenute in italiano.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Testi di riferimento. Durante l'insegnamento si forniranno testi di esercizi esemplificativi disponibili sul sito web del docente (<http://www.pd.infn.it/~giusto>).

Testi di riferimento:

Griffiths, David Jeffrey, Introduzione alla meccanica quantistica (edizione italiana a cura di Franco Ciccacci e Luigi Quartapelle). Milano: CEA, 2005 Cohen-Tannoudji, Claude; Diu, Bernard; Laloe, Frank, Quantum Mechanics. New York: Wiley-Interscience, 1977 Picasso, Luigi E., Lezioni di meccanica quantistica. Pisa: ETS, 2015 Sakurai, Jun John, Meccanica quantistica moderna. Bologna: Zanichelli, 1996

C.I. DI SPERIMENTAZIONI DI FISICA 1

Titolare: Prof.ssa GIULIA RODIGHIERO

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Prerequisiti:

Conoscenze di base di matematica e fisica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Lo studente acquisirà le basi del calcolo numerico, della programmazione e della statistica e la capacità di analizzare in modo critico e costruttivo le misure fisiche, avendo a disposizione strumenti di elaborazione computazionali anche per associare formalmente una incertezza alle proprie misure.

Modalità di esame:

Esame orale sui contenuti del programma e le relazioni di laboratorio.

Criteri di valutazione:

Valutazione delle prove e delle relazioni di laboratorio. Conoscenza del programma. Capacità di esprimersi in forma scritta e orale con rigore scientifico in modo appropriato. Capacità di collegare i diversi argomenti trattati a lezione. Capacità di applicare le conoscenze di teoria alle esercitazioni in laboratorio.

Moduli del C.I.:

Sperimentazioni di Fisica 1 (Mod. A)
Sperimentazioni di Fisica 1 (Mod. B)
Sperimentazioni di Fisica 1 (Mod. B)
Sperimentazioni di Fisica 1 (Mod. B)
Sperimentazioni di Fisica 1 (Mod. B)

SPERIMENTAZIONI DI FISICA 1 (MOD. A)

Titolare: Prof. ANTONINO MILONE

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 24A+36L; 6,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Biologia (lezioni frontali) Dipartimento di Matematica Pura e Applicata (laboratori)

Aule: Aula I via Bassi, Laboratorio informatico via Paolotti e Torre Archimede

Contenuti:

Lezioni di teoria: 1) Architettura degli elaboratori. Cenni storici; componenti principali; ciclo fetch/decode/execute; principali caratteristiche delle CPU; memoria principale e secondaria; hard disk; gerarchia della memoria; tecniche di incremento delle prestazioni delle CPU. 2) sistemi operativi e reti di calcolatori. Cenni storici; ruolo del sistema operativo; esecuzione dei programmi: boot, processi, multi-tasking; stati di un processo; gestione della memoria, dei dispositivi di I/O, dei file; sistemi operativi più diffusi; reti; i protocolli; Internet e TCP/IP; il World-Wide Web. 3) Rappresentazione dell'informazione. Rappresentazione binaria; interi con e senza segno, rappresentazione complemento a due; rappresentazione esadecimale; rappresentazione dei numeri reali in formato IEEE754; limiti della rappresentazione floating point; rappresentazione dei testi e delle immagini. 4) Algoritmi e programmazione. definizione di algoritmo; programmazione; linguaggi di programmazione; implementazione degli algoritmi; strutture di selezione e iterazione; variabili ed espressioni booleane; unità procedurali; moduli. 5) Tipi di dati, ricorsione, ricerca binaria. Tipi di dati; strutture dati; ricorsione: definizione ed esempi; ricorsione e algoritmi; ricorsione infinita, in coda, multipla; eliminazione della ricorsione; ricerca binaria. 6) Algoritmi di ordinamento e analisi degli algoritmi. introduzione al problema dell'ordinamento; algoritmi bubble, selection, quick sort; analisi degli algoritmi, efficienza, caso migliore, peggiore, medio; comportamento asintotico; esempio ricerca del massimo e/o del minimo; analisi dell'efficienza di selection e quick sort. 7) Ricerca degli zeri delle equazioni non lineari. Equazioni non lineari, ricerca degli zeri; metodi iterativi; errore e convergenza; teorema di Bolzano e metodo di bisezione; metodo di Newton-Raphson; metodo della secante; interpolazione di ordine superiore; interpolazione inversa; metodo di Brent. 8) Numeri casuali e metodi Monte Carlo. Richiami dei concetti di eventi casuali, probabilità; variabili casuali discrete, valore atteso, varianza; variabili casuali continue, distribuzione uniforme; distribuzione normale e normale standardizzata; distribuzione di Poisson; funzione di distribuzione; generazione di numeri casuali; numeri pseudo-casuali (PRN); metodi Monte Carlo; metodo di integrazione hit-or-miss, sample mean integration; simulazioni; Laboratorio informatico: 1) Introduzione a Linux. Comandi per la gestione dei files e la navigazione nel file system. 2) Introduzione a Python. La shell IDLE; variabili; stringhe; liste. 3) Programmazione in Python. Istruzioni if, while, for; funzione range; scrittura di programmi; definizione di funzioni; moduli; namespaces; modulo matplotlib; grafico di funzioni; valori di ritorno singoli e multipli; tuple; parametri opzionali. 4) Algoritmi di ordinamento e ricerca. Insertion sort; ricerca binaria; quick sort. 5) Calcolo numerico in Python. Modulo numpy; array a una dimensione; generazione di numeri casuali; grafico ad istogramma. 6) Trattamento dei dati sperimentali. Calcolo della media, deviazione standard; lettura dati da file di testo; grafico dei dati, simboli e colori, limiti in ascissa e ordinata, misure con errori; regressione lineare; grafico di due serie di dati; media pesata. 7) Ricerca degli zeri delle equazioni non lineari. Introduzione; funzioni come parametri; metodo di bisezione; metodo di Newton-Raphson; applicazioni. 8) Metodi Monte Carlo. La funzione where; calcolo dell'area di una figura irregolare tramite hit-or-miss; esempio di simulazione.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali ed esercitazioni in laboratorio di informatica. Le lezioni sono tenute in italiano.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense fornite attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). Testo di riferimento non obbligatorio.

Testi di riferimento:

Brookshear, J. Glenn; Brylow, Dennis; Smith, David T., Informatica una panoramica generale. Milano: Pearson, 2012

SPERIMENTAZIONI DI FISICA 1 (MOD. B)

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 24A+36L; 6,00

Sede dell'insegnamento: Lezioni frontali di insegnamento teorico presso la sede dell'Istituto di Matematica di via Paolotti. Esperienze di laboratorio presso il Polo Didattico di Via Loredan.

Aule: da definire

Contenuti:

Lezioni di teoria: 1) Il metodo scientifico. Grandezze fisiche. Misura e strumenti di misura. Sensibilità, accuratezza, precisione. Errori sistematici e casuali. 2) Media aritmetica. Scarto quadratico medio ed indeterminazione della media. Significato statistico. Arrotondamento dei decimali dopo la virgola e cifre significative. 3) Fondamenti della teoria della probabilità. Leggi della probabilità totale, della probabilità composta e della probabilità condizionata. 4) Rappresentazione grafica dei dati: istogrammi, stime di tendenza centrale e stime di dispersione. Variabili casuali o aleatorie. Distribuzioni di probabilità per variabili discrete; funzioni di densità di probabilità per variabili continue e relative proprietà. 5) Distribuzione binomiale, gaussiana e poissoniana. 6) L'errore accidentale come variabile aleatoria. Distribuzione degli errori accidentali. 7) Teoria della propagazione degli errori: caso generale e casi particolari. Esempio di applicazione della propagazione degli errori in fisica. Propagazione degli errori statistici. Combinazione di errori massimi e statistici. 8) La media pesata: metodo diretto e indiretto. 9) Il metodo dei minimi quadrati: applicazione al caso lineare. Generalizzazione del metodo dei minimi quadrati. 10) Il coefficiente di correlazione lineare. 11) Il test del χ^2 . Esperienze di laboratorio: 1) Misure dell'accelerazione di gravità con la guida. 2) Misure con l'estensimetro: la legge di Hook. 3) Il pendolo di Kater. 4) Il volano. 5) Il viscosimetro a caduta.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni di teoria e esperienze in laboratorio. Le lezioni sono tenute in italiano.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense e presentazioni delle lezioni messe a disposizione degli studenti attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). Testi di riferimento.

Testi di riferimento:

SPERIMENTAZIONI DI FISICA 1 (MOD. B)

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 24A+36L; 6,00

SPERIMENTAZIONI DI FISICA 1 (MOD. B)

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 24A+36L; 6,00

SPERIMENTAZIONI DI FISICA 1 (MOD. B)

Titolare: da definire

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 24A+36L; 6,00

CHIMICA

Titolare: Prof. RENZO BERTONCELLO

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento Scienze Chimiche

Aule: Informazioni in lingua non trovate

Prerequisiti:

Conoscenze di base di Matematica, Fisica e Chimica acquisite alle scuole medie superiori.

Conoscenze e abilità da acquisire:

L'insegnamento e' finalizzato allo studio della composizione della materia, delle trasformazioni che essa subisce e delle interazioni tra materia ed energia ad esse legate e fornisce le basi per l'applicazione dei principi generali della Chimica ai processi che ricorrono nell'ambiente e nel cosmo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni ed esercizi in aula o registrate con zoom con l'utilizzo di diapositive, filmati e collegamento a siti web. Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

1) Atomi, molecole e ioni. 2) La stechiometria. 3) Le reazioni in soluzioni acquose. 4) I gas. 5) I bilanci energetici nelle reazioni chimiche. 6) La struttura elettronica degli atomi. 7) La tavola periodica. 8) Il legame chimico. 9) Le forze intermolecolari. 10) Le proprietà fisiche delle soluzioni. 11) La cinetica chimica. 12) L'equilibrio chimico. 13) Gli acidi e le basi. 14) Le soluzioni tampone. 15) La termodinamica in ambito chimico. 16) Le reazioni redox e l'elettrochimica. 17) La chimica dei composti di coordinazione. 18) La chimica organica di base. 19) I fenomeni spettroscopici atomici e molecolari.

Modalità di esame:

Colloquio orale alla lavagna sui contenuti delle lezioni d'aula.

Criteri di valutazione:

Lo studente dovrà dimostrare proprietà di linguaggio, piena conoscenza del programma dell'insegnamento, capacità di ragionamento nel collegare i diversi argomenti trattati a lezione e capacità critica nell'applicare le conoscenze acquisite.

Testi di riferimento:

Chang, R.; Goldsby, K., Fondamenti di chimica generale. Milano: McGraw-Hill, 2015 Atkins, P.; Jones, L.; Laverman, L., Principi di chimica. Bologna: Zanichelli, 2018

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Le diapositive delle lezioni, i filmati, i collegamenti a siti web e tutto il materiale non protetto dal diritto d'autore saranno forniti attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). Testi di riferimento.

COSMOLOGIA

Titolare: Prof. ALBERTO FRANCESCHINI

Periodo: III anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia

Aule: da definire

Prerequisiti:

Per poter sostenere questo esame bisogna avere superato Analisi Matematica 1, Analisi Matematica 2, Geometria, Fisica Generale 1, Fisica Generale 2 e Sperimentazioni di Fisica 1. Si consiglia di aver superato anche Analisi Matematica 3 e Istituzioni di Relatività.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Analisi dei dati osservativi più rilevanti. Cinematica e dinamica cosmica. Modelli di Universo. Breve storia evolutiva dell'Universo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali ed esercitazioni. Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

1) Cosmologia osservativa: galassie, gruppi di galassie, ammassi, superammassi. Legge di Hubble. Campi di velocità, moti peculiari. Proprietà di clustering delle galassie. Strutture su grande scala, struttura e dinamica dell'universo. Materia oscura, radiazioni di fondo. L'universo lontano, galassie attive, radiogalassie e quasars come fari campione. 2) Principio cosmologico, metrica di Robertson-Walker. Modelli di Friedmann, modelli di universo omogeneo e isotropo, universi di radiazione e materia. 3) Osservabili cosmologici, distanze cosmiche, il redshift. Conteggi di sorgenti, evidenze per un universo evolutivo, radiazione cosmica nelle microonde. Effetti di una costante cosmologica, modifiche alla dinamica dell'universo. Test osservativi dal diagramma di Hubble per le supernove Ia. 4) Cenni alle fasi fondamentali dell'evoluzione cosmica. Era della radiazione, equipartizione, ricombinazione della materia e disaccoppiamento della radiazione, reionizzazione. 5) Il fenomeno dell'attività galattica. Radosorgenti. Quasar.

Modalità di esame:

Esame orale con discussione approfondita dei contenuti dell'insegnamento.

Criteri di valutazione:

Conoscenza dei singoli argomenti e capacità di discuterne le varie connessioni. Lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito i concetti fisici fondamentali e la capacità di dedurre, su tale base, i risultati principali riguardanti la nostra descrizione dell'universo.

Testi di riferimento:

Longair, Malcolm S., Galaxy Formation. Berlin: Springer, 2008 Rowan-Robinson, Michael, Cosmology. Oxford: Clarendon press, 2004 Schneider, Peter, Extragalactic Astronomy and Cosmology: an Introduction. Berlin: Springer, 2006 Weinberg, Steven, Gravitation and Cosmology. New York: Wiley, 1972

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense del docente che includono e discutono tutti gli argomenti rilevanti del programma fornite attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). Testi di riferimento.

FISICA GENERALE 1

Titolare: Prof. ALESSANDRO DE ANGELIS

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 112A; 14,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Fisica e Astronomia

Aule: da definire

Prerequisiti:

Analisi Matematica I.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il metodo sperimentale e le leggi della meccanica del punto e dei sistemi. La fluidostatica e cenni di fluidodinamica. Fondamenti di termodinamica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali ed esercizi in aula. Dimostrazioni di esperienze in aula. Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

1) Introduzione. Grandezze fisiche, campioni e unità di misura. Sistema internazionale. Analisi dimensionale. Sistemi di riferimento. Vettori e operazioni con i vettori. 2) Cinematica del punto. Moto rettilineo di una particella. Velocità media e velocità istantanea; moto uniforme. Accelerazione media e istantanea; moto ad accelerazione costante. Caduta verticale dei gravi. Moto armonico. Moto in due e tre dimensioni. Posizione, velocità e accelerazione. Moto circolare. Moto dei gravi. 3) Dinamica del punto. Concetto di forza; unità di misura della forza. Leggi della dinamica. Quantità di moto di una particella. Impulso. Massa inerziale e massa gravitazionale. Equilibrio del punto. Forza peso, attrito radente, reazione vincolare, piano inclinato, forza elastica, attrito viscoso, tensione dei fili. Applicazioni delle leggi di Newton. Momento angolare e momento di una forza. 4) Lavoro ed energia. Lavoro di una forza. Energia cinetica e teorema lavoro-energia. Forze conservative ed energia potenziale (forza peso, forza elastica). Conservazione dell'energia. Potenza. 5) Moti relativi. Sistemi di riferimento. Velocità relative. Accelerazioni relative. Sistemi inerziali. Sistema di riferimento terrestre. 6) Sistemi di particelle. Forze interne ed esterne e loro momenti. Centro di massa. Quantità di moto totale; prima equazione cardinale della dinamica dei sistemi; conservazione del momento.

Momento angolare di un sistema; seconda equazione cardinale della dinamica dei sistemi; conservazione del momento angolare. Lavoro ed energia di un sistema di particelle. Sistema del centro di massa. Primo e secondo teorema di König. Sistemi di forze applicate; sistemi di forze parallele, baricentro. 7) Dinamica dei corpi rigidi. Rotazione con un asse fisso; momento assiale, energia cinetica, lavoro. Momento d'inerzia; calcolo di momenti d'inerzia. Teorema di Steiner. Applicazioni. Moto di puro rotolamento. Leggi di conservazione nel moto del corpo rigido. Equilibrio statico. 8) Urti. Urti tra due particelle puntiformi; urti elastici ed anelastici. Conservazione della quantità di moto e dell'energia. Urti in una e due dimensioni. Urti tra corpi rigidi. 9) Gravitazione. Forze centrali e loro proprietà. Leggi di Keplero. Legge della gravitazione universale. Campo gravitazionale. Energia potenziale gravitazionale; velocità di fuga. Determinazione della costante di gravitazione universale, esperienza di Cavendish. Problema di Keplero, costanti del moto e traiettorie. 10) Proprietà dei fluidi in equilibrio; legge di Stevino. Principio di Archimede; galleggiamento. Viscosità: fluidi ideali e reali. Cenni di fluidodinamica. Moti stazionari: equazione di continuità, portata, teorema di Bernoulli. Flusso laminare e di Poiseuille. 11) Grandezze termodinamiche, trasformazioni e stati di equilibrio, equazione di stato, funzioni di stato. Scale di temperatura e termometri. Esperienza di Joule ed equivalenza calore/lavoro. Primo principio della termodinamica. Energia interna. Calorimetria. 12) Gas ideali e gas reali. Leggi di Boyle, Gay-Lussac e Avogadro; equazione di stato dei gas ideali. Termometro a gas ideale. Piano di Clapeyron e trasformazioni termodinamiche di gas ideali. Trasformazioni reversibili e irreversibili; cicli termodinamici e lavoro. Calori specifici; relazione di Mayer. Espansione libera ed energia interna di un gas ideale. Trasformazioni adiabatiche; equazioni delle adiabatiche reversibili. Rendimento di un ciclo termodinamico. Ciclo di Carnot. Gas reali; transizioni di fase e piano di Clapeyron. Modello cinetico dei gas ideali. 13) Secondo principio. Enunciati di Clausius e Kelvin-Planck. Teorema di Carnot. Temperatura termodinamica assoluta. Teorema di Clausius. Entropia

Modalità di esame:

La verifica finale consiste in una prova scritta che potrà essere sostituita da prove in itinere e richiede lo svolgimento di esercizi relativi al programma e in una prova orale su argomenti trattati durante l'insegnamento.

Criteri di valutazione:

La prova scritta mira a verificare la capacità dello studente di risolvere semplici problemi di meccanica e termodinamica in modo autonomo, sfruttando le tecniche apprese durante l'insegnamento. La prova orale è volta ad accertare l'acquisizione delle conoscenze di base della Fisica Generale, la capacità di ragionamento e di comprensione dello studente.

Testi di riferimento:

Mencuccini, Corrado; Silvestrini, Vittorio, Fisica 1. Meccanica, termodinamica. Corso di fisica per le facoltà scientifiche corredato di esempi ed esercizi. Napoli: Liguori, 2016 Mazzoldi, Paolo; Nigro, Massimo; Voci, Cesare, Elementi di fisica, meccanica, termodinamica. Napoli: EdiSES, 2008

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Tutto il materiale didattico presentato durante le lezioni e le esercitazioni viene messo a disposizione degli studenti attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>).

FISICA GENERALE 2

Titolare: Prof. GIOVANNI BUSETTO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 112A; 14,00

Sede dell'insegnamento: Aule presso i Dipartimenti di Chimica e di Biologia (Vallisneri)

Aule: Aule IV piano Economia, via Bassi 1 e Aula della Vigna, via Jappelli 1

Prerequisiti:

Vengono richiesti gli argomenti affrontati nella Fisica Generale I e gli elementi di base del calcolo differenziale ed integrale. Per poter sostenere questo esame bisogna avere prima superato gli esami di Analisi Matematica 1 (o Geometria), Fisica Generale 1 e Sperimentazioni di Fisica 1.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Comprensione dei fenomeni fondamentali dell'elettromagnetismo classico e metodologia della loro descrizione matematica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni teoriche ed esercizi in aula. Sono previste dimostrazioni sperimentali in aula. Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

L'insegnamento affronta i temi principali dell'elettromagnetismo classico. Vengono trattati inizialmente i fenomeni elettrostatici. Partendo dalla legge elementare dell'interazione statica tra cariche elettriche, si affronta poi la descrizione dei casi macroscopici. Successivamente vengono trattati i fenomeni elettrostatici nei materiali conduttori ed isolanti e descritti i fenomeni e le leggi della conduzione elettrica in circuiti elettrici resistivi. Viene poi approfondita la natura del campo magnetico e le sorgenti del campo e successivamente vengono trattati i fenomeni elettromagnetici variabili nel tempo, fino alla costruzione delle equazioni di Maxwell. Si prosegue poi con lo studio dei fenomeni oscillatori e ondulatori, con particolare riguardo ai fenomeni ondulatori elettromagnetici. L'insegnamento affronta poi i fenomeni oscillatori di natura elettrica, le onde elettromagnetiche e la loro propagazione, i fenomeni di interferenza e di diffrazione. Vengono infine trattati argomenti di base di elettrodinamica. Prima parte 1) Forza elettrostatica e legge di Coulomb. Campo e potenziale elettrostatico. Legge di Gauss. Il dipolo elettrico e l'approssimazione di dipolo. 2) Proprietà elettrostatiche dei conduttori. Lo schermo elettrostatico. sistemi di conduttori. Capacità e condensatori. 3) Energia di una distribuzione di cariche. Energia del campo elettrostatico. 4) Dielettrici e costante dielettrica. Polarizzazione e cariche di polarizzazione. Il vettore induzione dielettrica. Descrizione microscopica della polarizzazione. 5) Conduzione e corrente elettrica. Conservazione della carica. Legge di Ohm ed effetto Joule. 6) Forza elettromotrice e generatori. Leggi di Kirchhoff. 7) Il campo magnetico e la forza di Lorentz su una carica. Moto di una carica in campo magnetico. Esempi e applicazioni. 8) Campo magnetico e circuiti elettrici. Le leggi di Laplace, la legge di Biot-Savart, la legge della circuitazione di Ampere. 9) Proprietà magnetiche dei materiali, magnetizzazione. Il campo magnetizzante H. 10) Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo. L'induzione elettromagnetica e la legge di Faraday-Lenz. 11) Le equazioni di Maxwell. Seconda parte 1) Le oscillazioni elettriche e i circuiti in regime alternato. Impedenza e circuiti RC, RL e RLC in serie. 2) Richiami sui fenomeni ondulatori meccanici: equazione delle onde piane, onde elastiche. Energia e intensità di un'onda. 3) Le onde elettromagnetiche e le equazioni di Maxwell. Polarizzazione di un'onda. Energia e quantità di moto delle onde elettromagnetiche. Vettore di Poynting. 4) I fenomeni di riflessione, rifrazione e trasmissione delle onde elettromagnetiche. 5) I fenomeni di interferenza. 6) La diffrazione. 7) Introduzione e cenni di elettrodinamica.

Modalità di esame:

Prova scritta con domande aperte e colloquio orale sui contenuti delle lezioni.

Criteri di valutazione:

Nella prova scritta vengono proposti semplici esercizi per capire se lo studente è in grado di inquadrare un problema individuando i particolari fenomeni

fisici coinvolti. Dall'impostazione delle opportune equazioni alla soluzione anche in termini numerici e di unita' di misura delle grandezze coinvolte, vengono valutati i vari aspetti che caratterizzano l'approccio scientifico e sperimentale ad un problema. Nella prova orale viene verificata la conoscenza di argomenti fondamentali e i collegamenti tra loro.

Testi di riferimento:

Mazzoldi, Paolo; Nigro, Massimo; Voci, Cesare, Fisica 2: Elettromagnetismo - onde. Napoli: Edises, 2018
Mazzoldi, Paolo; Nigro, Massimo, Elementi di fisica e elettromagnetismo P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci. Napoli: Edises,

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Libri di testo e alcune dispense del docente fornite attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>).

GEOMETRIA

Titolare: Dott. ANDREA CATTANEO

Mutuato da: Laurea in Fisica (Ord. 2014)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A+16E; 8,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Matematica

Aule: da definire

Prerequisiti:

Nessuno

Conoscenze e abilità da acquisire:

Conoscenza delle nozioni fondamentali della teoria degli spazi vettoriali e della teoria delle matrici. Conoscenza degli stretti legami che l'algebra lineare ha con la geometria.

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:

Risoluzione di sistemi di equazioni lineari. Tecnica di eliminazione di Gauss. Calcolo di matrici, matrici invertibili. Rango di una matrice. Spazi vettoriali, sottospazi, dipendenza lineare, basi. Dimensione di uno spazio vettoriale. Somma di spazi vettoriali, intersezione di spazi vettoriali. Mappe lineari. Nucleo e immagine di una mappa lineare. Matrice di una mappa lineare. Matrice di cambiamento base. Determinante di una matrice. Autovalori e autovettori di una mappa lineare. Matrici diagonalizzabili. Lo spazio dei vettori geometrici: prodotto scalare e sue proprietà, norma di un vettore, disuguaglianza di Schwarz. Forme quadratiche. Applicazioni bilineari simmetriche. Teorema spettrale per matrici simmetriche reali. Spazi affini e sottovarietà. Coordinate affini. Trasformazioni affini. Spazio euclideo. Isometrie. Sottovarietà parallele, incidenti, sghembe. Distanza, angoli. Volume di parallelepipedi: formule esplicite. Classificazione delle coniche.

Modalità di esame:

L'esame consiste di uno scritto contenente sia esercizi di calcolo che domande di teoria. E' previsto un esame orale esclusivamente per gli studenti che conseguiranno una valutazione superiore o uguale a 28. Sarà possibile sostituire il primo appello con il risultato dei due compitini (uno a metà corso, uno alla fine del corso).

Criteri di valutazione:

Conoscenza delle definizioni e degli enunciati dei teoremi principali. Capacità di svolgere gli esercizi nei quali si applica la teoria della algebra lineare. Capacità di mostrare risultati riguardanti spazi vettoriali.

Testi di riferimento:

Candilera, Maurizio; Bertapelle, Alessandra, Algebra lineare e primi elementi di geometria Maurizio Candilera, Alessandra Bertapelle. Milano: McGraw-Hill, ©2011, 0 Novelli, Carla, Esercizi di algebra lineare e geometria Carla Novelli. Bologna: Esculapio, 2016

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Il docente preparerà degli appunti, che saranno disponibili nella pagina moodle del corso.

GEOMETRIA - SDOPPIAMENTO

Titolare: Prof. REMKE NANNE KLOOSTERMAN

Mutuato da: Laurea in Fisica (Ord. 2014)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A+16E; 8,00

Prerequisiti:

Nessuno

Conoscenze e abilità da acquisire:

Conoscenza delle nozioni fondamentali della teoria degli spazi vettoriali e della teoria delle matrici. Conoscenza degli stretti legami che l'algebra lineare ha con la geometria.

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:

Risoluzione di sistemi di equazioni lineari. Tecnica di eliminazione di Gauss. Calcolo di matrici, matrici invertibili. Rango di una matrice. Spazi vettoriali, sottospazi, dipendenza lineare, basi. Dimensione di uno spazio vettoriale. Somma di spazi vettoriali, intersezione di spazi vettoriali. Mappe lineari. Nucleo e immagine di una mappa lineare. Matrice di una mappa lineare. Matrice di cambiamento base. Determinante di una matrice. Autovalori e autovettori di una mappa lineare. Matrici diagonalizzabili. Lo spazio dei vettori geometrici: prodotto scalare e sue proprietà, norma di un vettore, disuguaglianza di Schwarz. Forme quadratiche. Applicazioni bilineari simmetriche. Teorema spettrale per matrici simmetriche reali. Spazi affini e sottovarietà. Coordinate affini. Trasformazioni affini. Spazio euclideo. Isometrie. Sottovarietà parallele, incidenti, sghembe. Distanza, angoli. Volume di parallelepipedi: formule esplicite. Classificazione delle coniche.

Modalità di esame:

L'esame consiste di uno scritto contenente sia esercizi di calcolo che domande di teoria. E' previsto un esame orale esclusivamente per gli studenti che conseguiranno una valutazione superiore o uguale a 28. Sarà possibile sostituire il primo appello con il risultato dei due compitini (uno a metà corso, uno alla fine del corso).

Criteri di valutazione:

Conoscenza delle definizioni e degli enunciati dei teoremi principali. Capacità di svolgere gli esercizi nei quali si applica la teoria della algebra lineare. Capacità di mostrare risultati riguardanti spazi vettoriali.

Testi di riferimento:

Candilera, Maurizio; Bertapelle, Alessandra, Algebra lineare e primi elementi di geometria Maurizio Candilera, Alessandra Bertapelle. Milano: McGraw-Hill, ©2011, 0 Novelli, Carla, Esercizi di algebra lineare e geometria Carla Novelli. Bologna: Esculapio, 2016

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Il docente preparerà degli appunti, che saranno disponibili nella pagina moodle del corso.

INTRODUZIONE AL CALCOLO NUMERICO

Titolare: Dott. DAVIDE POGGIALI

Periodo: III anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 32A+24L; 6,00

Prerequisiti:

Nozioni di base di algebra lineare e geometria (spazi vettoriali, vettori, matrici, operazioni, determinanti, matrice inversa e matrici particolari, prodotto scalare, norme di vettori e di matrici) nonché i contenuti dell'insegnamento di Analisi Matematica 1 e alcuni contenuti di Analisi Matematica 2 (funzioni a più variabili). Per poter sostenere questo esame bisogna avere superato Analisi Matematica 1, Analisi Matematica 2, Geometria, Fisica Generale 1, Fisica Generale 2 e Sperimentazioni di Fisica 1.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Lo studente avrà la possibilità di acquisire capacità informatiche e numeriche di base e sarà in grado di costruire il modello numerico e l'algoritmo risolutivo di semplici problemi. Dovrà essere in grado di programmare con il linguaggio di riferimento (Python) e produrre i risultati anche in forma grafica. Acquisirà le conoscenze di alcuni metodi di base del Calcolo Numerico (equazioni non lineari, sistemi lineari, problemi di approssimazione, di quadratura e di integrazione di equazioni differenziali) e sarà in grado di utilizzarli su esempi reali.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

L'insegnamento si articola in lezioni frontali ed esercitazioni in aula (32 ore) e lezioni in laboratorio informatico (24 ore) con esercitazioni al computer in ambiente Python. Le lezioni sono tenute in italiano. Molti dei metodi di base del Calcolo Numerico illustrati durante le lezioni, verranno usati ed implementati in laboratorio al fine di mostrare il loro effettivo utilizzo e le loro potenzialità. Gradualmente lo studente potrà anche prendere dimestichezza con l'ambiente di programmazione Python. Alla fine dell'insegnamento dovrà essere in grado di usare questo nuovo e utile strumento di calcolo in molti contesti e applicazioni numeriche.

Contenuti:

1) Analisi errori (propagazione, stabilità e condizionamento): 4h 2) Algebra lineare numerica (norme vettoriali e matriciali, condizionamento, fattorizzazioni (LU, QR, SVD), metodi iterativi): 8h 3) Interpolazione (forme di Lagrange e Newton), punti ottimali e stabilità: 6h 4) Quadratura (formule di Newton Cotes e Gaussiana) e derivazione numerica: 6h 5) Metodi alle differenze finite per problemi ai valori iniziali e al contorno (ode, ode stiff, pde ellittiche, paraboliche): 8h Nella parte di laboratorio in Python: 4h iniziali per introdurre e prendere dimestichezza con Python. Poi per ogni argomento 1 o 2 esercitazioni.

Modalità di esame:

Esame orale di teoria sui contenuti dell'insegnamento nonché di discussione delle esercitazioni per verificare l'acquisizione delle conoscenze di Python.

Criteri di valutazione:

Lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito la conoscenza dei vari metodi descritti sia dal punto di vista teorico ed algoritmico, che dal punto di vista dell'applicazione degli stessi tramite la risoluzione di (semplici) esercizi. Sarà importante aver acquistato familiarità nell'uso e nella scrittura di programmi in Python.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Testo di riferimento. Il materiale didattico è disponibile attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di

ISTITUZIONI DI RELATIVITA'

Titolare: Prof. LUCA MARTUCCI

Periodo: III anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 80A; 10,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia

Aule: da definire

Prerequisiti:

Per poter sostenere questo esame bisogna avere superato Analisi Matematica 1, Analisi Matematica 2, Geometria, Fisica Generale 1, Fisica Generale 2 e Sperimentazioni di Fisica 1. Si consiglia di aver anche superato gli esami di Analisi Matematica 3 e Meccanica Analitica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Parte di Relatività: Comprensione dei fondamenti della relatività ristretta. Capacità di risolvere problemi elementari di Meccanica relativistica. Uso del calcolo tensoriale. Parte di Metodi Matematici: Alla fine dell'insegnamento lo studente conoscerà e saprà usare le distribuzioni (in particolare la Delta di Dirac), saprà definire e calcolare le trasformate di Fourier di distribuzioni e di funzioni elementari, avrà appreso i rudimenti del campionamento digitale di un segnale, saprà definire e manipolare tensori in uno spazio-tempo piatto, conoscerà il significato della convoluzione e saprà come calcolarla.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni tradizionali inframezzate da attività interattive individuali e di gruppo. Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

Parte di Relatività: 1) Simmetrie ed invarianze: Sistemi inerziali, leggi fisiche, gruppo di Galilei. Simultaneità e misure Newtoniane. Velocità della luce, ipotesi dell'etere. Esperimenti sulla finitezza e costanza della velocità della luce. 2) La nuova meccanica: Principio di Relatività. Postulati della relatività speciale. Diagrammi di Minkowski. Linea di universo. Simultaneità. Trasformazioni di Lorentz. 3) Cinematica relativistica - Basi: Intervallo, metrica di Minkowski. Rappresentazione matriciale delle trasformazioni di Lorentz. Rapidità. Composizione delle velocità. Dilatazione dei tempi. Contrazione delle lunghezze. Rotazione di Penrose-Terrell. Il paradosso dei gemelli. 4) Cinematica relativistica - Formalismo covariante: Gruppo di simmetria di Poincaré e Lorentz. Formalismo covariante. Tensori. Impulso relativistico. Energia cinetica, energia a riposo, equivalenza massa energia. 5) Cinematica relativistica - Ottica: Trasformazione degli angoli. Aberrazione stellare. Effetto Doppler relativistico. 6) Gli urti: Conservazione del quadriimpulso; Decadimenti. Energia di soglia. Massa invariante. 7) Elettromagnetismo: Quadripotenziale e forma covariante delle equazioni di Maxwell. Invarianza di gauge. Trasformazioni di Lorentz per il campo elettromagnetico. Invarianti relativistici. Equazioni di Maxwell nel vuoto. Soluzione dell'equazione delle onde e sue proprietà. Legge di continuità per la carica elettrica. Moto di cariche in campi elettromagnetici. 8) Introduzione alla Relatività Generale: Il principio di equivalenza. La metrica. Descrizione di forze inerziali e gravitazionali. Osservatori accelerati. Spaziotempo di Rindler. Dilatazione dei tempi. Parte di Metodi Matematici: 1) Tensori in Relatività Speciale: Rotazioni (proprie e improprie) nello spazio euclideo. Spazio minkowskiano, trasformazioni di Lorentz e Poincaré. Trasformazioni di Lorentz proprie e improprie, ortocrone e non-ortocrone. Basi covarianti e controvarianti. Campi scalari, vettoriali e tensoriali, covarianti e controvarianti. Quadridivergenza e equazione di continuità in forma covariante. Simmetria e antisimmetria degli indici. Forme differenziali. Derivata esterna. (Pseudo-)tensori invarianti: delta di Kronecker, metrica, pseudo-tensore di Levi-Civita. Costruzione di tensori da tensori: prodotto tensoriale e contrazione degli indici. Proprietà dello pseudo-tensore di Levi-Civita. 2) Elementi di teoria delle distribuzioni: Motivazioni generali. Funzioni di prova e spazio $S(\mathbb{R})$. Distribuzioni temperate, regolari e singolari. Esempi della delta di Dirac e del valore principale. Convergenza debole e approssimazione di distribuzioni singolari tramite distribuzioni regolari. Operazioni su distribuzioni: derivata, coniugazione complessa, riscaldamento e traslazione della variabile. Delta di Dirac di una funzione. Trasformata di Fourier e teorema di Fourier in $S(\mathbb{R})$. Convoluzione di funzioni e loro proprietà. Teorema della convoluzione. Simmetria e realtà. Formule di Parseval. Trasformata di Fourier di distribuzioni e teorema di Fourier distribuzionale. Applicazioni a distribuzioni notevoli: trasformata di Fourier della delta di Dirac, della funzione costante, della funzione segno, della funzione gradino. Convoluzione di distribuzioni e loro proprietà.

Modalità di esame:

Parte di Relatività: Prova scritta con esercizi e orale con domande sui contenuti del programma. Parte di Metodi Matematici: La verifica finale consiste in una prova scritta con esercizi, integrata da una prova orale con domande sui contenuti del programma in caso di parziale insufficienza.

Criteri di valutazione:

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

Testi di riferimento:

Gasperini, Maurizio, Manuale di relatività ristretta per la laurea triennale in fisica. Milano: Springer, 2010 Barone, Vincenzo, Relatività, principi e applicazioni. Torino: Bollati Boringhieri, 2004 Rindler, Wolfgang, Relativity: Special, general, and cosmological. Oxford: Oxford University Press, 2016

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Testi di riferimento. Esercizi sui contenuti dell'insegnamento sono disponibili attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>).

LABORATORIO DI ASTRONOMIA

Titolare: Prof. ALESSANDRO PIZZELLA

Periodo: III anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 16A+36L; 6,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia

Aule: A (Dip. Astronomia) e Aule Didattiche (Oss. Astrofisico di Asiago)

Prerequisiti:

Conoscenze di matematica e fisica di base. Per poter sostenere questo esame bisogna avere superato Analisi Matematica 1, Analisi Matematica 2, Geometria, Fisica Generale 1, Fisica Generale 2 e Sperimentazioni di Fisica 1.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Obiettivo principale dell'insegnamento è introdurre gli studenti all'astronomia osservativa, attraverso lezioni sugli strumenti e sulle tecniche osservative di fotometria e spettroscopia. L'insegnamento prevede esercitazioni pratiche sulle tecniche di riduzione e analisi di dati CCD, oltre all'uso pratico del telescopio per spettroscopia.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

L'insegnamento prevede: 1) lezioni frontali in aula. 2) esercitazioni in aula informatica. 3) esperienza di osservazione con il telescopio Galileo e lo spettrografo Boller & Chivens dell'Osservatorio Astrofisico di Asiago. Tutte le attività sono tenute in italiano.

Contenuti:

1) Lezioni in aula: Diffrazione attraverso una fenditura. Diffrazione e interferenza attraverso la doppia fenditura. Il reticolo di diffrazione. Esempi di spettrografi a fenditura, echelle, multi oggetto e a campo integrale. Rivelatori CCD. 2) Esercitazioni in aula informatica: Utilizzo di database e archivi di dati astronomici. Cenni sulle procedure di richiesta tempo e accesso ai telescopi. Introduzione all'uso di IRAF. Procedure di riduzione ed analisi di dati spettroscopici 3) Osservazioni al telescopio: Misura della curva di rotazione di una galassia a spirale. Metodo di Montecarlo per la stima degli errori.

Modalità di esame:

L'esame è suddiviso in due parti: 1) una discussione sulla relazione scritta a seguito alle esercitazioni in aula informatica. 2) una prova orale sugli argomenti discussi durante le lezioni.

Criteri di valutazione:

La valutazione complessiva dello studente è basata sulla qualità scientifica e tecnica della relazione scritta e relativa attività svolta in aula informatica e sulla verifica della preparazione e della comprensione degli argomenti svolti durante le lezioni frontali.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Verranno utilizzate dispense del docente fornite attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). Non sono previsti testi di riferimento.

LINGUA INGLESE B2 (ABILITA' RICETTIVE)

Titolare: Prof.ssa MONICA LAZZARIN

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: ; 3,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di lingue

Aule: da definire

Contenuti:

Tutti i Corsi di Laurea di Scienze richiedono una conoscenza della Lingua inglese pari al livello B2 (abilità ricettive ascolto e lettura) del Quadro Comune Europeo di Riferimento per le Lingue del Consiglio d'Europa. Chi è già in possesso di una certificazione di livello B2 o superiore può chiederne il riconoscimento. Tutti gli altri studenti possono sostenere presso il Centro Linguistico di Ateneo il corrispondente Test di Abilità Linguistica (TAL), il cui superamento permette il riconoscimento dei crediti formativi per la lingua straniera. Tutte le informazioni sull'idoneità, sul test di lingua e sulle certificazioni riconosciute, sono disponibili all'indirizzo http://www.scienze.unipd.it/index.php?id=inglese_triennali_1819

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

MECCANICA ANALITICA

Titolare: Prof. CHRISTOS EFTHYMIPOULOS

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 56A; 7,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia

Aule: da definire

Prerequisiti:

Dagli insegnamenti di Fisica Generale 1 e 2: sistemi di riferimento, cinematica e dinamica del punto materiale, energia cinetica e potenziale, forze conservative e non conservative. Dagli insegnamenti di Analisi Matematica 1, 2 e 3: calcolo differenziale in più variabili, calcolo integrale in una variabile, integrazione lungo curve, forme differenziali, varietà differenziabili, equazioni differenziali lineari e non lineari, ritratto in fase. Dall'insegnamento di Geometria: spazi vettoriali euclidei, matrici e trasformazioni lineari, autovettori, determinante. Per poter sostenere questo esame bisogna avere prima superato gli esami di Analisi Matematica 1 (o Geometria), Fisica Generale 1 e Sperimentazioni di Fisica 1.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Conoscere i modelli della meccanica finito dimensionale (punto materiale, corpo rigido, sistema vincolato). Conoscere le modalità per passare dalla analisi del sistema meccanico alla scrittura delle equazioni differenziali della dinamica del sistema. Conoscere le tecniche di indagine del sistema di equazioni differenziali (teoria della stabilità, formulazione variazionale delle equazioni, metodo qualitativo per sistemi 1-dimensionali conservativi e dissipativi). Conoscere utilizzare gli strumenti della meccanica analitica (sistemi dinamici, formalismo lagrangiano/hamiltoniano) nella modellazione dei sistemi meccanici pertinenti a vari settori dell'astronomia e dell'astrofisica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali del docente, risoluzione di esercizi, ricevimento studenti, gestione interazione diretta e tramite la pagina Moodle del corso. Progetti d'applicazione della meccanica analitica in vari settori dell'astronomia. Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

1. Ritratto di fase ===== Un esempio: il moto rotazionale "sincrono" dei satelliti. Sistemi dinamici autonomi. Punti fissi. Stabilità lineare. Sistemi autonomi di due variabili (ritratto di fase intorno ad un punto fisso secondo il suo tipo di stabilità). Sistemi con forze newtoniane conservative o dissipative; Applicazione al modello d'oscillatore di Duffing senza o con dissipazione (punti fissi, ritratto di fase locale, ritratto di fase globale). 2. Forze centrali e problema dei due corpi ===== Equazioni del moto. Conservazione del momento angolare. Potenziale efficace. Orbita circolare e sua stabilità. Frequenza angolare ed epicyclica. Precessione del pericentro. Applicazioni astronomiche (problema di Keplero e di J2, moto delle stelle nella galassia, precessione del perihelio nella relatività generale, ultima orbita circolare stabile). Moto Keplero: equazioni del moto; parametri orbitali; equazione di Keplero; orbite iperboliche. Sistemi di punti materiali ===== Centro di massa. Forze interne ed esterne. Quantità di moto. Momento angolare. Forze apparenti. Potenziale mareale. Teorema del viriale. Meccanica Lagrangiana ===== Vincoli (olonomi, anolonomi, ideali) e Reazione vincolare. Spostamento e lavoro virtuale. Coordinate generalizzate. Equazioni di Lagrange e di Eulero-Lagrange. Importanti modelli fisici ed applicazioni della teoria lagrangiana: moto di una carica nel campo elettromagnetico; sistemi rotanti. Corpo rigido: forze e vincoli di rigidità; cinematica del corpo rigido; tensore e momenti principali d'inerzia; equazioni cardinali e di Eulero. Applicazioni astronomiche (stati del moto rotazionale dei satelliti). Simmetrie di Noether. Meccanica hamiltoniana ===== Momenti generalizzati ed equazioni di Hamilton. Parentesi di Poisson. Matrici e trasformazioni simplettiche. Integrali invarianti di Poincaré. Esempi di funzioni hamiltoniane importanti per l'astronomia/astrofisica.

Modalità di esame:

Prova scritta finale

Criteri di valutazione:

Nella valutazione della prova scritta, si accerta e valuta se lo studente: 1) sa riconoscere il tipo di sistema meccanico in analisi; 2) sa scegliere la procedura corretta per la determinazione delle equazioni del moto, e sa utilizzare gli strumenti di indagine matematica del sistema di equazioni differenziali; 3) sa utilizzare gli strumenti della meccanica analitica (sistemi dinamici, formalismo lagrangiano/hamiltoniano) nella modellazione dei sistemi meccanici pertinenti a vari settori dell'astronomia e dell'astrofisica.

Testi di riferimento:

Herbert Goldstein, Charles P. Poole, John L. Safko, Classical Mechanics. : Pearson (English publisher), 2010

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Pagina Moodle del corso Appunti del docente scritti appositamente per l'insegnamento Bibliografia ed altri appunti con collegamento web disposto nella pagina Moodle del corso

OTTICA APPLICATA

Titolare: Dott.ssa VALENTINA VIOTTO

Periodo: III anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia

Aule: da definire

Prerequisiti:

L'insegnamento prevede la conoscenza degli elementi basilari dell'ottica geometrica, la nozione di onda elettromagnetica, e una discreta familiarità con la matematica delle serie e dei numeri complessi. Per poter sostenere questo esame bisogna avere superato Analisi Matematica 1, Analisi Matematica 2, Geometria, Fisica Generale 1, Fisica Generale 2 e Sperimentazioni di Fisica 1. Si consiglia di aver superato anche l'esame di Analisi Matematica 3.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Gli obiettivi dell'insegnamento sono: 1) introdurre alcune nozioni fondamentali di ottica che saranno necessarie per la comprensione delle esperienze di laboratorio di ottica; 2) insegnare come si progettano e realizzano su banco ottico alcune fondamentali esperienze di ottica (interferometro di Michelson, esperienza di Abbe, diffrazione della luce); 3) eseguire tali esperienze e ottenere delle misure con i relativi errori. L'insegnamento (48 ore) è diviso in una parte teorica (20 ore) e una di laboratorio (28 ore). Lo studente acquisirà le abilità necessarie a maneggiare ed allineare i LASER, e imparerà a progettare le esperienze di ottica sulla base dei materiali a disposizione e dei risultati che si vogliono raggiungere.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

L'insegnamento si svolge per circa la metà in aula, con lezioni frontali, in cui gli studenti possono formulare domande ed avere risposte sugli argomenti trattati a lezione. L'altra metà è in laboratorio di ottica, dove gli studenti prendono confidenza con il montaggio delle parti meccaniche ed ottiche di un'esperienza precedentemente progettata. Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

1) La parte teorica prevede i seguenti argomenti: Elementi di interferometria. Sovrapposizione delle onde. Leggi di Fresnel-Aragò. I vari tipi di interferometro. Diffrazione. Fenditura singola e multipla. Schema ottico di uno spettrografo. Equazione dei reticoli. Elementi di spettroscopia. Elementi di ottica di Fourier. Teoria delle immagini. La PSF. Funzioni di trasferimento. Cenni sul funzionamento dei Laser. 2) La parte di laboratorio di ottica prevede: Misure di lunghezza d'onda di un laser o misure dell'indice di rifrazione di un prisma. Costruzione di uno spettrografo. Analisi degli elementi principali di uno spettrografo. Esperienza di Abbe. Filtraggio spaziale. Diffrazione da una o più fenditure.

Modalità di esame:

L'esame di profitto è orale e può consistere: 1) nella discussione di una relazione redatta dallo studente a fine insegnamento, 2) nel colloquio sui temi svolti a lezione. E' comunque prevista una prova di assemblaggio di un'esperienza su banco ottico durante la prova orale.

Criteri di valutazione:

La valutazione finale si basa molto sull'impegno profuso dallo studente durante tutto l'insegnamento. Oltre al grado di conoscenza teorica e di laboratorio di ottica raggiunta dallo studente, viene valutata positivamente la redazione di una relazione su una delle esperienze svolte durante l'insegnamento, redatta in modo chiaro e contenente i principali elementi teorici che sono attinenti all'esperienza svolta.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Testo di riferimento. Gli studenti possono consultare tutte le presentazioni mostrate a lezioni e hanno a disposizione una dispensa scritta dal docente, oltre ad un gran numero di testi di ottica presenti nella biblioteca. Tutta la documentazione sull'insegnamento e sul materiale usato in laboratorio è disponibile attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>) oppure nel sito del laboratorio di ottica (<http://www.astro.unipd.it/labott/documenti/index.php?dir=/>).

SPERIMENTAZIONI DI FISICA 2

Titolare: Prof. ROBERTO RAGAZZONI

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 32A+24L; 6,00

Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia

Aule: Aula Jappelli - Osservatorio Astronomico di Padova

Prerequisiti:

Conoscenze di geometria di base (geometria Euclidea, trigonometria). Basi dell'ottica da Fisica Generale II (i fenomeni di riflessione e rifrazione delle onde, leggi della riflessione e rifrazione, i fenomeni di interferenza, diffrazione da una fenditura e da un foro circolare). Conoscenza della teoria degli errori di misura e capacità di organizzazione di una procedura di misura come da Sperimentazioni di Fisica 1. Per poter sostenere questo esame bisogna avere prima superato gli esami di Analisi Matematica 1 (o Geometria), Fisica Generale 1 e Sperimentazioni di Fisica 1.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Obiettivo primario dell'insegnamento è fornire agli studenti le basi di ottica geometrica indispensabili per la comprensione di apparati astronomici, e propedeutica a molti insegnamenti successivi. Verranno svolti esercizi per imparare ad applicare le nozioni teoriche. Tramite esperienze di laboratorio verranno applicate le conoscenze teoriche. Lo studente dovrà imparare a capire analizzare e misurare semplici sistemi ottici.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali tramite dimostrazioni geometriche con l'ausilio di lucidi. Esempi ed esercizi sugli argomenti principali. Presentazione in classe degli esperimenti. Discussione di gruppo in laboratorio riguardo agli aspetti più critici dell'esperimento. Discussione in itinere delle correzioni alle relazioni. Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

1) Lezioni in aula: richiami su principio della rifrazione e riflessione; il diotro sferico; la formazione dell'immagine nel diotro sferico; le lenti sottili, le lenti spesse e i sistemi di lenti; gli specchi e lo specchio sferico; l'aberrazione sferica e l'aberrazione cromatica; la teoria di Seidel delle aberrazioni; configurazioni ottiche dei telescopi astronomici. 2) Esperienze in laboratorio: misura della lunghezza focale di una lente convergente simmetrica; misura della lunghezza focale di una lente divergente simmetrica; misura dell'aberrazione sferica in una lente convergente simmetrica; misura dell'aberrazione cromatica in una lente convergente simmetrica.

Modalità di esame:

L'esame si baserà su un esame scritto con esercizi e domande di teoria. Sono previste due verifiche scritte in itinere. Lo studente produrrà una relazione per ogni esperienza di laboratorio che sarà corretta e discussa in itinere. Il voto finale sarà la media pesata dello scritto e delle relazioni.

Criteri di valutazione:

Verrà valutata la capacità di presentare i risultati di laboratorio tramite grafici appropriati e coerentemente commentati nelle relazioni. La capacità di analizzare criticamente le misure svolte e di saper descrivere correttamente gli aspetti teorici discussi a lezione. Si valuterà la capacità di risolvere esercizi che applichino le nozioni impartite.

Testi di riferimento:

Taylor, John R., Introduzione all'analisi degli errori. Bologna: Zanichelli, 2000 Secco, Luigi, Ottica geometrica gaussiana e sue deviazioni. Padova: CUSL Nuova Vita, 2000 Tempesti, Piero, Le aberrazioni ottiche. Padova: Libreria Progetto, 2005

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Gli studenti possono avvalersi delle dispense del docente e lucidi delle lezioni fornite attraverso il sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>). Testi di riferimento.

STORIA DELL'ASTRONOMIA

Titolare: Prof. GIULIO PERUZZI

Periodo: III anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

L'insegnamento è rivolto a studenti del terzo anno del Corso di Laurea in Astronomia e a studenti del Corso di Laurea Magistrale in Filosofia. La provenienza da aree disciplinari diverse viene tenuta presente nello svolgimento dell'insegnamento, per cui le conoscenze richieste come prerequisito sono minimali e riguardano le conoscenze di base di matematica, fisica e astronomia. Per poter sostenere questo esame, gli studenti del Corso di Laurea in Astronomia devono aver superato Analisi Matematica 1, Analisi Matematica 2, Geometria, Fisica Generale 1, Fisica Generale 2 e Sperimentazioni di Fisica 1.

Conoscenze e abilità da acquisire:

L'insegnamento ha l'obiettivo di presentare le principali idee che hanno dato origine all'astronomia e all'astrofisica contemporanea, analizzando i mutamenti scientifici verificatisi nel periodo compreso tra il Seicento e il Novecento. Particolare attenzione sarà dedicata agli sviluppi dell'astronomia analizzati in parallelo agli sviluppi in altri settori disciplinari quali la fisica e la strumentazione scientifica. Uno degli obiettivi dell'insegnamento 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 Francesco Bacone 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 le lezioni 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 abbinate (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. Nella seconda parte dell'insegnamento si svolgeranno anche visite al Museo "La Specola" dell'Osservatorio Astronomico di Padova. Le lezioni sono tenute in italiano.

Contenuti:

L'insegnamento è costituito da due parti (di 24 ore ciascuna), la prima tenuta dal Prof. Giulio Peruzzi e la seconda dalla Dott.ssa Valeria Zanini. La prima parte si articola in sette sezioni. La prima sezione, dopo un'introduzione generale, illustra i caratteri salienti dell'astronomia pre-copernicana. La seconda sezione tratta delle novità introdotte dalla rivoluzione scientifica, sottolineando i fondamentali elementi di discontinuità con la tradizione medioevale, e soffermandosi sui contributi di alcuni protagonisti: Copernico, Tycho, Keplero e Galileo. La terza sezione avrà come tema centrale la prima moderna teoria della gravitazione, quella costruita da Isaac Newton nel 1687. Segue poi una sezione dedicata alle prime teorie sulla nascita del sistema solare, avendo come filo conduttore la storia che da Huygens a Maxwell porta alla comprensione degli anelli di Saturno. La quinta sezione si soffermerà sulla nascita dell'astronomia "scientifica" a partire dalla metà dell'Ottocento. Qui avremo modo di vedere anche gli sviluppi delle teorie sulla genesi del sistema solare. La sesta sezione sarà dedicata alla nascita e ai primi sviluppi della moderna teoria della gravitazione (la relatività generale). La settima sezione affronta, infine, gli sviluppi dell'attuale Modello Standard dell'Universo (detto anche del "Big Bang") La seconda parte dell'insegnamento si propone di seguire l'evoluzione dell'astronomia, sia attraverso l'illustrazione della strumentazione astronomica pre- e post-telescopica, sia attraverso la storia degli osservatori astronomici, in particolare di quelli italiani. Sinteticamente i contenuti di questa seconda parte sono i seguenti: 1) l'astronomia pre-telescopica e i suoi "strumenti"; 2) l'invenzione del cannocchiale, Galileo e le prime scoperte astronomiche; 3) l'ottica dei primi telescopi e le osservazioni del Seicento; 4) la nascita degli osservatori astronomici istituzionali e la loro organizzazione; 5) le implementazioni strumentali della seconda metà del Settecento e i grandi rifrattori Ottocenteschi; 6) il telescopio riflettore; 7) la nascita dell'astrofisica e della fotografia astronomica; 8) una panoramica sugli astronomi padovani; 9) gli astronomi e la misura del tempo. In questa seconda parte, alcune lezioni saranno svolte visitando gli strumenti conservati nel Museo La Specola dell'Osservatorio Astronomico di Padova.

Modalità di esame:

La verifica dell'apprendimento prevede un elaborato scritto che in 4/5 cartelle affronta un tema scelto dallo studente nell'ambito di quelli affrontati nell'insegnamento. Questo si configura come un lavoro di rassegna basato su una ricerca bibliografica autonomamente svolta dallo studente. Verrà messa a disposizione degli studenti una lista, non vincolante, di possibili argomenti sui quali svolgere l'elaborato finale.

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:

Longair, Malcolm S., The Cosmic Century. A History of Astrophysics and Cosmology. Cambridge UK: Cambridge University Press, 2006 Tullio Regge, Giulio Peruzzi, Spazio, tempo e universo. Passato, presente e futuro della teoria della relatività. Torino: Bollati Boringhieri, 2005 Hoskin, Michael, Storia dell'Astronomia. Milano: BUR-Rizzoli, 2008 King, Henry C., The history of the telescope. New York: Dover, 2003 Kuhn, Thomas, La rivoluzione copernicana. L'astronomia planetaria nello sviluppo del pensiero occidentale. Torino: Einaudi, 2000

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Nelle dispense, rese disponibili sul sito web dell'insegnamento raggiungibile dalla piattaforma e-learning del Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" (<https://elearning.unipd.it/dfa/>), sono presenti ulteriori indicazioni bibliografiche relative alle varie parti del programma. Testi di riferimento per approfondimenti.