



Universita' degli Studi di Padova  
FACOLTA' DI SCIENZE MM.FF.NN.

## **Bollettino Notiziario**

Anno Accademico 2002/2003

# **Laurea Quadriennale in Astronomia**

Programmi dei Corsi

---

# Curriculum: Corsi comuni

---

## ASTROFISICA 1

(Titolare: Prof. FRANCESCO BERTOLA)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 70A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip.to di Astronomia

### **Propedeuticità' :**

Astronomia I

### **Contenuto dell'attività formativa :**

*Struttura della Galassia: Struttura e dinamica della Galassia. Teorema di Liouville. Le equazioni dell'idrodinamica. Moti ordinati e moti casuali. Ellissoide della velocità.*

*Diagramma di Bottlinger. Le formule di Oort e la rotazione galattica. La struttura a spirale.*

*Sistematica delle popolazioni stellari.*

*Morfologia: Classificazioni e morfologia delle galassie. Metodi di classificazione automatica. Distribuzione di luminosità. Popolazioni stellari, distribuzioni di colori e modelli di evoluzione. Proprietà statistiche delle galassie. Mezzo interstellare delle galassie.*

*Il gas ionizzato. Il gas atomico HI. La fase molecolare.*

*Fotometria: Brillanza superficiale. Profili fotometrici di galassie: legge di De Vaucouleurs, profili di King, disco esponenziale di Freeman. Le galassie ellittiche. Forma in tre dimensioni. Modelli di galassie ellittiche. Analisi delle isofote e deviazione dalla forma ellittica. Il parametro  $a_4$ .*

*Dinamica: Cinematica e masse delle galassie. Determinazione ottica. Determinazione radio.*

*Determinazione della distribuzione di massa. Misura della curva di rotazione con il gas ionizzato. Misura della curva di rotazione dalle righe di assorbimento. Distribuzione delle velocità lungo la linea di vista e parametri  $3$  e  $h_4$ . Dinamica dei sistemi non collisionali, tempo di rilassamento. Equazioni di Jeans, asymmetric drift, dispersione di velocità dei sistemi sferici. Struttura a spirale delle galassie. Dinamica stellare. Stabilità. Orbite. Teoria delle onde di densità. Meccanismi di generazione delle onde spirali.*

*Distanze: Cefeidi, Funzione di luminosità degli ammassi globulari e nebulose planetarie.*

*Nove e supernove. Fluttuazione di brillanza superficiale. Piano fondamentale.*

*Parametri globali delle galassie: Storia, morfologia e cataloghi. Definizione dei parametri globali delle galassie. Struttura a larga scala dell'Universo. Relazioni tra galassie, gruppi ed ammassi. Relazione di Tully – Fisher, piano fondamentale e spazio  $k$ , il metapiano cosmico. Interpretazione fisica delle proprietà dei sistemi stellari.*

### **Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

### **Testi di riferimento :**

F. Bertola, "Lezioni di Statistica Stellare", CLEUP

J. Binney, M. Merrifield, "Galactic Astronomy", Princeton Series in Astrophysics

J. Binney, S. Tremaine, "Galactic Dynamics", Princeton Series in Astrophysics

F. Combes, P. Boissé, A. Mazure, A. Blanchard, «Astrophysics - Galaxies and Cosmology», Springer Verlag

A. Sandage, "The Hubble Atlas of galaxies". Carnegie Institution of Washington

### **Ausili didattici :**

F. Bertola, dispense

---

## ASTROFISICA 2 (MOD. A)

(Titolare: Prof. ALBERTO FRANCESCHINI)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 25A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

### **Contenuto dell'attività formativa :**

*Struttura e dinamica dell'universo:*

*struttura dell'universo su grande scala; galassie, ammassi, superammassi; proprietà di clustering; dinamica dell'universo su grande scala; legge di Hubble; campo delle velocità peculiari; componenti dell'universo; materia oscura; radiazione di fondo. Modelli di Friedman: proprietà dei modelli di universo omogeneo e isotropo; universi di materia e universi di radiazione; cenni a cosmologie non standard.*

*Evoluzione del modello standard: big-bang, era delle trasformazioni di fase, inflazione, era leptonica, fondo cosmico di neutrini, nucleosintesi cosmologica: era radiativa,*

ricombinazione della materia, disaccoppiamento della radiazione, reionizzazione.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

P. Coles, F. Lucchin, «Cosmology - The origin and evolution of Cosmic Structure», 1995, Wiley, Chichester.

F. Lucchin, «Introduzione alla cosmologia», 1998, Zanichelli, Bologna.

P. J. E. Peebles, «The large-scale structure of the Universe», 1980, Princeton University Press, Princeton.

---

## ASTROFISICA 2 (MOD. B)

(Titolare: Dott. LAURO MOSCARDINI)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 25A 0,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Contenuto dell'attività formativa :**

Equazioni di Maxwell. Spettro della radiazione. Polarizzazione e parametri di Stokes. L'equazione fondamentale dell'elettrodinamica. Sviluppi multipolari – Processi etc. Processi d'emissione in astrofisica. Emissione di Bremsstrahlung da elettroni termici non relativistici, assorbimento, correzioni relativistiche. Radiazione di sincrotrone: potenza totale, frequenza caratteristica, spettri d'emissione da insiemi di particelle, polarizzazione e autoassorbimento, evoluzione temporale dello spettro. Scattering Compton, sezioni d'urto, frequenza caratteristica, potenza totale e spettro emesso da insiemi di particelle. Scattering multiplo, effetti combinati di scattering e assorbimento, il parametro di Compton Y.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

G.B. Rybicki, A.P. Lightman, «Radiative Processes in Astrophysics», John Wiley & Sons, 1979.

---

## ASTROFISICA 2 (MOD. C)

(Titolare: Prof. GUIDO BARBARO)

**Periodo:** IV anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 25A 0,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Contenuto dell'attività formativa :**

Caratteristiche osservative delle stelle e popolazioni stellari. Il Diagramma di Hertzsprung-Russell. Equilibrio meccanico e conservazione della massa. Equilibrio termico e bilancio energetico generale. Scale di tempo. Stato termodinamico della materia stellare. Nozioni di meccanica statistica: trattazioni classiche e quantistiche. Equazione di stato dei gas perfetti di particelle, fotoni e gas di elettroni degeneri. Ionizzazione: relazioni di Boltzmann e Saha, ionizzazione dell'idrogeno e miscela Idrogeno-Elio.

Trasporto dell'energia: teoria elementare del trasporto radiativo ed opacità. Teoria elementare del trasporto convettivo, teoria della trasporto conduttivo. Trattazione semplice delle sorgenti di opacità. Sorgente gravitazionale di energia, teorema del Viriale, energia interna e totale, contrazione gravitazionale e rilascio locale di energia. Sorgente nucleare dell'energia: velocità di reazione, sezione d'urto, modello di Bohr, risonanze. Principali sistemi di reazioni termonucleari (bruciamento dell'idrogeno, elio, carbonio, neon, ossigeno e silicio), equilibrio statistico nucleare.

Perdite di energia per neutrini, cenni alla teoria dell'interazione debole, processi di decadimento beta diretto e inverso, foto-neutrini, neutrini di coppie, neutrini di plasma e neutrini bremsstrahlung.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Ausili didattici :**

dispense del docente

---

## ASTROFISICA ALTE ENERGIE (MOD. A)

(Titolare: Prof. ALBERTO FRANCESCHINI)

**Periodo:** IV anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 35A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Contenuto dell'attività formativa :**

Parte prima: l'equazione di Kompaneets, l'effetto Sunyaev-Zeldovich. Ammassi e gruppi di galassie. Il plasma caldo intra-cluster. Cooling flows in ammassi. La fisica delle radiogalassie, proprietà morfologiche radio, funzioni di luminosità, energetica globale, variabilità temporale, dimensioni delle regioni emittenti, moti superluminali, il problema della catastrofe Compton. Jets astrofisici.

Parte seconda: sorgenti di energia nei Nuclei Galattici Attivi. Accrescimento in campo gravitazionale come sorgente di energia, tasso di accrescimento, limite di Eddington. Plasmi astrofisici, generalità fenomeni di viscosità, onde d'urto. Dinamica di un gas in accrescimento, onde sonore. Accrescimento in sistemi binari. Dischi d'accrescimento sottili: Applicazioni a stelle a neutroni e nane bianche. Buchi neri. Modelli a starburst per gli AGN. Le righe d'emissione ottiche come indicatori della struttura del gas circum-nucleare: righe larghe e strette, permesse e proibite, di bassa e alta ionizzazione. La regione delle righe large e quella delle righe strette, le nubi emittenti. Accrescimento su buco nero, ultima orbita stabile, efficienza dell'emissione, buchi neri rotanti. Dischi spessi. Tori di polvere e gas, assorbimento dell'emissione nucleare, assorbimento fotoelettrico X ed estinzione. Modello unificato degli AGN.

Parte terza: cosmologia osservativa. Richiami sui principali osservabili cosmologici. Le varie classi di Nuclei Attivi, quasars, blazars, galassie di Seyfert del I e II tipo. Conteggi di sorgenti, evoluzione cosmologica. Formazione di quasars e AGN. Fondi cosmici nell'IR, nell'X e in raggi gamma.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

G.B. Rybicki, A.P. Lightman, «Radiative Processes in Astrophysics», John Wiley & Sons, 1979

J. Frank, et al. «Accretion Power in Astrophysics», Cambridge University Press, 1992

C.L. Sarazin, «X-ray Emission from Clusters of Galaxies», Cambridge Astrophysics Series, 1988

I. Robson, «Active Galactic Nuclei», John Wiley & Sons and Praxis Publishing, 1996

---

## **ASTROFISICA DEL MEZZO INTERSTELLARE (MODD. A + B)**

(Titolare: Prof. GUIDO BARBARO)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 70A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Prerequisiti :**

E' utile la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di «Struttura della materia» e «Astrofisica».

**Contenuto dell'attività formativa :**

**MODULO A**

Fluidi ideali. Onde sonore. Criterio di Jeans. Teorema del viriale. Fluidi reali. Bilancio termico del gas interstellare. Instabilità termica. Onde d'urto. Onde d'urto radiative.

Struttura dello strato di rilassamento. Moti simili. Turbolenza dei gas incomprimibili.

Turbolenza nel mezzo interstellare.

Plasmi. Equazioni di Maxwell nella approssimazione magnetoidrodinamica. Equazione del campo magnetico e congelamento delle linee di forza. Moto di un plasma in un campo magnetico. Diffusione ambipolare. Onde magnetoidrodinamiche. Onde di Alfvén.

Dinamica delle regioni II. Bilancio energetico e temperatura del gas ionizzato. Emissione radio e infrarossa. Venti stellari e supernove e loro interazione con il mezzo interstellare.

Superbolle e supershell.

Polveri interstellari ed estinzione. Formazione ed evoluzione dei grani interstellari.

Le componenti del mezzo interstellare. Il modello a due fasi e la sua messa in crisi. Tecniche

diagnostiche per la individuazione delle diverse componenti (gas hot, gas ionizzato, gas

neutro atomico e gas molecolare). Proprietà statistiche delle nubi molecolari. Equilibrio

meccanico.

Aspetti osservativi del processo di formazione stellare. Formazione stellare: regime

supercritico e formazione delle stelle massicce. Regime subcritico e formazione delle stelle

di piccola massa. Collasso e successiva evoluzione sino alla Sequenza principale.

Classificazione degli spettri infrarossi delle protostelle.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

G. K. Batchelor, «An introduction to fluid dynamics», 1967, Cambridge University Press.  
Ferraro-Plumpton, «An introduction to magnetofluid mechanics», 1961, Oxford University Press.

L. Jr. Spitzer, «Physical processes in the interstellar medium», 1978 Ed. Wiley

C. J. Lada, N. D. Kylafis, «The Physics of star formation and early stellar evolution», 1990, Kluwer Academic Press.

**Ausili didattici :**

dispense del docente

## ASTROFISICA TEORICA (MOD. A)

(Titolare: Prof. GUIDO BARBARO)

**Periodo:** IV anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 35A 0,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

### Contenuto dell'attività formativa :

La struttura stellare: equazioni di base, condizioni al contorno, sequenze evolutive, metodi risolutivi. Stabilità stellare: dinamica, vibrazionale e secolare. Stelle politropiche e isoterme. Trasformazioni di omologia.

Fase di pre-sequenza. Fase di sequenza principale. Fasi di post-sequenza: caratteristiche generali e masse critiche, diagramma delle condizioni centrali. Stelle di piccola massa: caratteristiche generali e proprietà fisiche, omologia di shell, flash dell'elio, instabilità termica della shell di elio, fase di AGB. Stelle di massa intermedia: caratteristiche generali, deflagrazione-detonazione del carbonio. Stelle massicce e quasi massicce: evoluzione del nucleo e dell'involucro, perdita di massa per vento stellare. Teoria semplice dei venti stellari coronali e radiativi. Collasso del nucleo in stelle massicce e formazione dell'oggetto centrale compatto (stella di neutroni o buco nero). Nucleosintesi esplosiva. Supernove di tipo I e II. Fisica degli oggetti compatti: stelle Nane Bianche e masse limite, revisione della relazione massa-raggio, stelle di neutroni, buchi neri.

Stelle variabili: fondamenti della teoria delle pulsazioni. Cefeidi e RR Lyrae. Analisi del Diagramma HR: isocrone, funzione iniziale di massa, ammassi stellari (associazioni, aperti, globulari giovani, globulari classici), età degli ammassi globulari, secondo parametro, funzione di luminosità delle stelle di SP e RGB.

### Struttura della verifica di profitto :

Scritta

**Ausili didattici :**

Dispense del docente.

## ASTRONOMIA 2

(Titolare: Prof. ROBERTO BARBON)

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 70A 0,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dip.to di Astronomia

### Prerequisiti :

sono propedeutici i corsi di fisica e Astronomia I

### Contenuto dell'attività formativa :

Sistemi fotometrici:

Estinzione atmosferica, sistemi fotometrici a banda larga, indici di colore, misure di temperatura, raggi fotometrici, l'approssimazione del corpo nero, sorgenti estese, magnitudini superficiali, profili di luminosità, isofote, cenno alla determinazione delle magnitudini integrate e delle masse delle galassie. Il sistema UBV, diagramma colore grandezza e diagramma a due colori, assorbimento interstellare, eccesso ultravioletto, blanketing, sistemi a banda intermedia, determinazione di gravità e metallicità. Il continuo e le righe: Equazioni di Boltzmann e Saha, l'origine della pressione elettronica, effetti di luminosità, classificazione spettrale, il trasporto della radiazione, modelli di atmosfera, i parametri dei modelli e gli osservabili, origine dello spettro continuo, scattering ed assorbimento vero, profilo e larghezza equivalente delle righe spettrali, abbondanze chimiche.

Ammassi Stellari: Classificazione e proprietà degli ammassi aperti, il teorema del viriale, tempi di evaporazione e rilassamento, metodi per determinare la distanza, la Zero Age Main Sequence, tracce evolutive ed isocrone, gli effetti evolutivi sui diagrammi colore grandezza, morfologia e classificazione degli ammassi globulari, densità stellare, evoluzione dinamica, gli effetti della metallicità sui diagrammi c-m., Le RR Lyrae e la relazione P-L per le

variabili pulsanti, le popolazioni stellari, cenni all'origine della Galassia e sua evoluzione chimica. Le Supernovae: Classificazione, curve di luce, evoluzione fotometrica e spettroscopica, progenitori e meccanismi di esplosione, frequenze e statistiche, le supernovae come indicatori di distanza. Stelle Binarie: Binarie visuali, metodi di osservazione, binarie spettroscopiche, calcolo degli elementi orbitali, la determinazione delle masse, binarie ad eclisse, il modello di Roche per le binarie strette, trasferimento di massa, dischi di accrescimento. Struttura ed evoluzione stellare: La funzione di nascita stellare e la funzione iniziale di massa, le equazioni della struttura stellare, equilibrio idrostatico, equazione di stato e degenerazione del gas elettronico, opacità ed il trasporto della radiazione, equilibrio radiativo e convettivo, le sorgenti di energia, cenno al calcolo dei modelli, evoluzione di una stella di bassa sequenza dalla ZAMS allo stadio di nana bianca, evoluzione di una stella massiccia fino alla esplosione di supernova, lo stato finale delle stelle, nane bianche, stelle a neutroni, buchi neri.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Ausili didattici :**

Dispense del docente

---

## ASTRONOMIA STATISTICA (MOD. A)

(Titolare: Dott. GIOVANNI CARRARO)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 35A 0,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Contenuto dell'attività formativa :**

Metodi Numerici e Statistici con Elementi di Programmazione Fortran

Analisi degli errori: cifre significative, discussione di errori di round-off e di troncamento.

Elementi di Fortran 77; Fortran 90/95; strutture dei programmi, istruzioni, etc. - Determinazione degli zeri di una funzione. - Soluzione di equazioni algebriche lineari. - Integrazione di funzioni. - Generazione di numeri casuali. - Metodi Monte Carlo. - Descrizione statistica dei dati; metodi per la ricerca efficiente di media, varianza etc, mediana; test per controllare se due distribuzioni hanno le stesse medie o varianze; test di Kolmogorov-Smirnov; Analisi della tabella di contingenza; - Interpolazione, estrapolazione e fitting di dati: Regressione lineare, polinomiale e multipla lineare. Minimi quadrati. Polinomi interpolanti di Newton e di Lagrange. Splines. Trasformate di Fourier discrete e veloci (DFT e FFT). Correlazioni non parametriche o di rango. Smoothing dei dati. - Integrazione di equazioni differenziali ordinarie. - Equazioni differenziali parziali.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

ELLIS, «Programmazione strutturata in Fortran 77», Zanichelli

CHAPMAN, «Fortran 90/95 for scientists and Engineers», McGraw-Hill

PRESS, FLANNERY, TEUKOLSKY, VETTERLING, «Numerical Recipes», Cambridge

CHAPRA, CANALE, «Numerical Methods for Engineers», McGraw-Hill.

**Ausili didattici :**

Dispense e Programmi in Fortran del docente

---

## ASTRONOMIA STATISTICA (MOD. B)

(Titolare: Dott. ROBERTO CAIMMI)

**Periodo:** IV anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 35A 0,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Contenuto dell'attività formativa :**

Fondamenti di Statistica con applicazione alla Teoria degli Errori

Interpretazione statistica e deterministica della misura

Stato microscopico e macroscopico; principio di indifferenza; probabilità; eventi; classificazione degli eventi.

Variabile aleatoria; distribuzione; speranza matematica; speranza analitica; speranza geometrica; varianza matematica; condizione di normalizzazione.

Distribuzione binomiale; distribuzione gaussiana; distribuzione poissoniana.

Teorema di Bernoulli; teorema della speranza matematica; teorema della distribuzione

multipla; teorema del limite centrale.

Interpretazione statistica dell'errore accidentale; distribuzione delle misure; distribuzione degli errori.

Teoria degli errori: metodi di misura diretti e indiretti; propagazione degli errori;

arrotondamento dei decimali dopo la virgola; distribuzione della chi quadrata; metodo dei minimi quadrati generalizzati.

Discussione e soluzione di problemi riguardanti gli argomenti citati.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

R. Caimmi, «Il problema della misura», ed. CUSL-Nuova Vita

## ASTRONOMIA STORICA

(Titolare: Dott. LUISA PIGATTO)

**Periodo:** IV anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 70A 0,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Contenuto dell'attività formativa :**

L'astronomia nei popoli primitivi; l'astronomia e la matematica dei popoli della Mesopotamia; l'astronomia degli Egizi; i sistemi cosmologici degli antichi filosofi Greci; astronomia e matematica nell'antica Grecia; Tolomeo e l'Almagesto; l'astronomia nel mondo arabo; i sistemi cosmologici nel Medioevo; la rinascita dell'astronomia nell'Europa del Quattrocento; il sistema del mondo di Copernico; le osservazioni astronomiche di Tycho Brahe; Keplero e la scoperta delle leggi del moto dei pianeti; le scoperte astronomiche di Galileo.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

J. L. E. Dreyer, «Storia dell'astronomia da Talete a Keplero», Feltrinelli, 1977. Dispense del docente.

## COSMOLOGIA (MOD. A)

(Titolare: Prof. GIUSEPPE TORMEN)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 35A 0,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Contenuto dell'attività formativa :**

Formazione delle strutture cosmiche: instabilità di Jeans in universi in espansione; evoluzione delle perturbazioni primordiali in universi dominati da materia oscura non barionica; evoluzione non lineare delle perturbazioni; proprietà spettrali del campo delle perturbazioni; formazione delle galassie e della struttura su grande scala dell'universo.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

P. Coles, F. Lucchin, «Cosmology - The origin and evolution of Cosmic Structure», 1995, Wiley, Chichester.

F. Lucchin, «Introduzione alla cosmologia», 1998, Zanichelli, Bologna.

P. J. E. Peebles, «The large-scale structure of the Universe», 1980, Princeton University Press, Princeton.

J. B. Zeldovich, I. D. Novikov, «Relativistic astrophysics», Vol. II The structure and evolution of the universe, 1983, University of Chicago Press, Chicago.

T. Padmanabhan, «Structure formation in the Universe», Cambridge Univ. Press, 1993.

M. Roos, «Introduction to Cosmology», Wiley, Chichester, 1994.

J. Peacock, «Cosmological Physics», Cambridge University Press, 1999.

## FILOSOFIA DELLA SCIENZA

(Titolare: da definire) - Mutuato dalla Facoltà di Lettere e Filosofia

**Periodo:** annuale

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 0,00 CFU

## **FISICA DEI PIANETI (MOD. A)**

(Titolare: Prof. VITTORIO VANZANI)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 35A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Fisica

### **Contenuto dell'attività formativa :**

#### MODULO A

1. Introduzione alla fisica dei pianeti e del Sistema Solare. I pianeti in relazione alle altre classi di oggetti compatti dell'Universo. Finalità e prospettive nelle scienze planetarie. Esplorazione planetaria. I pianeti e lo spazio interplanetario come laboratori privilegiati per la scienza e la tecnologia. Costituzione del Sistema Solare. Analisi comparativa dei dati di osservazione per pianeti terrestri, pianeti giganti, satelliti, asteroidi e comete. Atmosfere planetarie. Peculiarità dell'atmosfera terrestre.

2. Struttura dinamica del Sistema Solare. Dinamica orbitale: elementi di dinamica a molti corpi; dinamica orbitale a due corpi. Moti orbitali nel Sistema Solare. Sfere d'influenza planetarie; problema a tre corpi ristretto e planare. Dinamica rotazionale. Momenti angolari planetari.

3. Composizione, struttura meccanica e stato termico dei pianeti ed oggetti minori. Composizione elementare e mineralogica dei materiali planetari. Confronto tra abbondanze cosmiche e composizione elementare media dei pianeti, satelliti, asteroidi, comete e meteoriti. Il problema della struttura meccanica. Stima delle pressioni e temperature interne. Sorgenti interne di energia e stato termico.

### **Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

### **Testi di riferimento :**

B. Bertotti, P. Farinella, «Physics of the Earth and the Solar System», Kluwer, 1990.

J. S. Lewis, «Physics and Chemistry of the Solar System», Academic Press, 1995.

### **Ausili didattici :**

B. Bertotti, P. Farinella, «Physics of the Earth and the Solar System», Kluwer, 1990.

J. S. Lewis, «Physics and Chemistry of the Solar System», Academic Press, 1995.

Dispense del titolare.

## **FISICA DEI PIANETI (MOD. B)**

(Titolare: Prof. VITTORIO VANZANI)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 35A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Fisica

### **Contenuto dell'attività formativa :**

1. Fisica dell'interno e struttura interna dei pianeti. Metallizzazione interna indotta dall'autocompressione gravitazionale. Equazione di stato per materiale metallizzato ad alte pressioni. Equilibrio meccanico. Massima massa e massima dimensione planetaria in termini delle costanti fondamentali della fisica. Modelli di struttura per i pianeti giganti. Equazione di Adams-Williamson. Profili di densità, pressione e gravità all'interno della Terra. Struttura interna della Terra.

2. Evoluzione dinamica del Sistema Solare. Perturbazioni planetarie. Analisi comparata dell'evoluzione delle orbite dei pianeti terrestri e giganti. Ruolo della Luna nello stabilizzare l'obliquità e clima della Terra. Evoluzione mareale delle orbite dei satelliti. Risonanze nel Sistema Solare e loro interpretazione.

3. Origine del Sistema Solare e condizioni fisiche che rendono un ambiente planetario adatto alla vita. Stima dell'età del Sistema Solare. Lo scenario standard per la formazione del Sistema Solare: evoluzione dinamica e termofisica della nebulosa solare; formazione ed evoluzione di popolazioni di planetesimi; accumulazione di planetesimi in protopianeti. Tempi di formazione dei pianeti. Range di variabilità dei parametri fisici in un ambiente planetario adatto all'insorgere e allo sviluppo della vita. Condizioni per la quasi stabilità dinamica, orbitale e rotazionale di un pianeta.

### **Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

### **Ausili didattici :**

B. Bertotti, P. Farinella, «Physics of the Earth and the Solar System», Kluwer, 1990.



J. S. Lewis, «Physics and Chemistry of the Solar System», Academic Press, 1995.  
Dispense del titolare.

## FISICA DELLA GRAVITAZIONE (MOD. A)

(Titolare: Prof. LUIGI ENRICO SECCO)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 35A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

### Prerequisiti :

Elementi basilari dei corsi di Istituzioni di Fisica Teorica e di Struttura della Materia.

### Contenuto dell'attività formativa :

La forza di gravità e le altre forze della natura. Descrizione della natura mediante i Principi variazionali, differenziali ed integrali. Geodetiche e brachistocrone. Analogie strutturali fra la meccanica e l'ottica. L'equazione eiconale. Conservazioni e Simmetrie. Dinamica dei sistemi continui. Teoria elementare dei campi di forza. Rottura spontanea di simmetria e differenziazione durante le primissime fasi dell'evoluzione cosmologica. Il ruolo della forza di gravità per la crescita della complessità in un universo in espansione.

Metrica di Schwarzschild e di Kerr . Accrescimento attorno ad un buco nero. (\*)

### Struttura della verifica di profitto :

Scritta

### Testi di riferimento :

Dispense del docente.

### Ausili didattici :

J. Binney, S. Tremaine: «Galactic Dynamics», Princeton University Press.

P.Coles, F. Lucchin : «Cosmology- The origin and evolution of Cosmic Structure», 1995, Wiley, Clichester.

S. Chandrasekhar: «Ellipsoidal figures of equilibrium», Dover Publications Inc., New York.

H. Goldstein: «Classical Mechanics», 1959, ed. Addison Wesley Publishing Company.

## FISICA DELLA GRAVITAZIONE (MOD. B)

(Titolare: Prof. LUIGI ENRICO SECCO)

**Periodo:** IV anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 35A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

### Contenuto dell'attività formativa :

Formazione di protostrutture galattiche da fluttuazioni primordiali, nel quadro di riferimento cosmologico. Il meccanismo del rilassamento violento per sistemi «collisionless». Il «Landau damping» e la virializzazione. Il tensore degli stress e le anisotropie delle velocità peculiari per le galassie ellittiche. Collasso dissipativo nella formazione delle galassie di disco. Gli sferoidi di MacLaurin e gli ellissoidi di Jacobi. Il teorema del viriale nella forma tensoriale, nel caso di una e due componenti. «Cooling» ed evoluzione virializzata in presenza di momento angolare e d'interazione gravitazionale con materia oscura non barionica: formazione stellare e morfologia finale.

Condizionamenti antropici.

### Struttura della verifica di profitto :

Scritta

### Testi di riferimento :

Dispense del docente.

### Ausili didattici :

J. Binney, S. Tremaine: «Galactic Dynamics», Princeton University Press.

P.Coles, F. Lucchin : «Cosmology- The origin and evolution of Cosmic Structure», 1995, Wiley, Clichester.

S. Chandrasekhar: «Ellipsoidal figures of equilibrium», Dover Publications Inc., New York.

H. Goldstein: «Classical Mechanics», 1959, ed. Addison Wesley Publishing Company.

## FISICA SPAZIALE

(Titolare: Prof. PIERLUIGI BERNACCA)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 70A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Contenuto dell'attività formativa :**

- a) Fisica dello spazio vicino: I campi gravitazionale e magnetico della Terra. Atmosfera, ionosfera, magnetosfera, esosfera e cinture di radiazione. La radiazione solare. Il vento solare. Raggi cosmici. Polvere interplanetaria e micrometeoriti. Modelli della Terra vista dallo spazio.
- b) Orbite reali e modelli: Orbite kepleriane e orbite lagrangiane. Calcolo delle orbite. Perturbazioni del moto e assetto dei satelliti artificiali. Predizione e determinazione delle orbite. Orbite di trasferimento e orbite di parcheggio. Manovre orbitali. Traiettorie lunari e interplanetarie. Rendez-vous coi pianeti.
- c) lo spazio delle fasi delle osservazioni astronomiche: Richiami ai processi di emissione della radiazione. L'estinzione interstellare dall'XUV all'infrarosso. Luminosità del cielo notturno dallo spazio. Risoluzione spettrale, temporale ed angolare. Cenni sull'interferometria dallo spazio. Magnitudini limite. Dati astronomici per le missioni spaziali.
- d) Studio di una missione spaziale.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Ausili didattici :**

dispense e riferimenti bibliografici

---

## ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA

(Titolare: Prof. FRANCESCO PACCANONI)

**Periodo:** III anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 100A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Propedeuticità' :**

Sono propedeutici al corso gli esami di Fisica generale I e II, Istituzioni di Fisica matematica. E' strettamente correlato, e in parte complementare, il corso di struttura della materia.

**Contenuto dell'attività formativa :**

- Relatività speciale. Principio di relatività. Trasformazioni di Lorentz. Vettori e tensori nello spazio tempo. Meccanica relativistica con applicazioni ai decadimenti e agli urti. Quadripotenziale del campo E.M.. Invarianza di gauge. Moto di una carica. Trasformazioni di Lorentz per il campo E.M.. Equazioni di Maxwell in forma covariante. Tensore energia impulso e teorema di Noether. Equazione d'onda. Potenziali ritardati. Zona delle onde e radiazione di dipolo. Funzioni di Bessel.
- Relatività generale: Principio di equivalenza. Coordinate curvilinee e tensore metrico. Derivazione covariante. Geodetiche. Tensore di curvatura. Equazioni di Einstein. Metrica di Schwarzschild e verifiche sperimentali della relatività generale.

-Meccanica quantistica: Concetti fondamentali: ket, bra e operatori; misure, osservabili e relazioni di indeterminazione. Dinamica quantistica: visuali di Schroedinger e di Heisenberg. Teoria del momento angolare: rotazioni e relazioni di commutazione, sistemi di spin 1/2, autovalori e autostati del momento angolare. Simmetrie in meccanica quantistica. Teoria perturbativa dipendente dal tempo: visuale di interazione, serie di Dyson, applicazioni all'interazione con il campo classico di radiazione.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

L.D. Landau e E.M. Lifshitz, "Teoria dei campi", Editori Riuniti J.J. Sakurai, "Meccanica quantistica moderna", Zanichelli.

**Ausili didattici :**

B.F. Schutz, "A first course in general relativity", Cambridge E. Merzbacher, "Quantum mechanics", Wiley Int. Ed.

---

## LABORATORIO DI ASTRONOMIA 1

(Titolare: Dott. MAURO D'ONOFRIO)

**Periodo:** III anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 100A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Prerequisiti :**

esame di Esperimentazioni di fisica II.

**Contenuto dell'attività formativa :**

*Richiami di matematica: Trasformate di Fourier, Condizioni di esistenza, Teoremi associati alle trasformate di Fourier, Trasformata di Fourier-Bessel (simmetria sferica), Trasformate particolari, Sistemi lineari, Funzioni di trasferimento, Teorema del campionamento.*

*Teoria della diffrazione: Equazioni di Helmholtz, Teorema di Green, Teorema integrale di Helmholtz-Kirchhoff, Formula della diffrazione di Fresnel-Kirchhoff, Principio di Huygens-Fresnel, Formula di Rayleigh-Sommerfeld, Diffrazione di Fresnel e di Fraunhofer.*

*Aberrazioni: La lente come trasformatore di fase, Proprietà delle trasformate di una lente (oggetto a diverse distanze dalla lente), Concetto di aberrazione, Relazione tra oggetto e immagine, Aberrazioni secondo Seidel, Teoria generale delle aberrazioni, Concetti di MTF (modulation transfer function) e OTF (optical transfer function), OTF di un sistema non aberrato, PSF (point spread function), Esperimento di Abbe-Porter, Filtraggi, Ricostruzione del fronte d'onda.*

*Interferenza: Comportamento della luce come onda elettromagnetica, Sovrapposizione delle onde, Il concetto di interferenza, Osservazione delle frange, Divisione del fronte d'onda, Principi basilari dell'interferometria, Interferometro di Rayleigh, Interferometro di Michelson, altri interferometri,*

*Frange da una sorgente estesa e da una sorgente puntiforme, Interferometria multipla, Interferometria di Fabry-Perot.*

*Optica quantistica: Il laser, Funzionamento di un laser, Polarizzazione, Espansione di un fascio laser, Interferometria laser, Fibre ottiche.*

*Esperienze di laboratorio (provvisorio):*

- 1) Visualizzazione della diffrazione
- 2) Visualizzazione delle principali aberrazioni
- 3) Filtraggio nello spazio delle frequenze
- 4) Visualizzazione dell'interferenza
- 5) Prove di interferometria

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

Testo adottato: dispense del docente.

Testi consigliati: *Introduction to Fourier Optics, Goodman J.W., McGraw-Hill Book Company; Basics of interferometry, Hariharan P., Academic Press inc.*

---

**LABORATORIO DI ASTRONOMIA 2**

(Titolare: Prof. GIAMPAOLO PIOTTO)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 100A 0,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

**Propedeuticità' :**

Astronomia 1

**Contenuto dell'attività formativa :**

*Tecniche di osservazione astronomica nelle diverse bande dello spettro elettromagnetico e altri tipi di osservazioni astronomiche. Strumentazione per osservazioni: gamma, X, UVottico, Vicino Infrarosso, raggi cosmici, neutrini, onde gravitazionali.*

*CCD: descrizione tecnica caratteristiche osservazioni con CCD - NICMOS: descrizione tecnica; osservazioni con NICMOS*

*Analisi dati: calcolo del rapporto Segnale/Rumore in osservazioni astronomiche: teoria e pratica. Metodo dei minimi quadrati; metodo dei minimi quadrati non lineare; trattamento dei dati con errori di osservazione su più variabili.*

*Fotometria Stellare: Fit di un profilo stellare; fotometria stellare con CCD; fotometria stellare in campi affollati; calibrazione ad un sistema fotometrico standard.*

*Sono inoltre previste due esperienze di osservazione al telescopio e relativa riduzione dati in laboratorio di informatica.*

*Esperienza di Spettroscopia*

*Lezioni teoriche sulle tecniche di analisi di spettri; preparazione delle osservazioni; osservazione al telescopio ad Asiago; riduzione dati.*

*Esperienza di Imaging:*

*Preparazione delle osservazioni; osservazione di ammasso stellare e di stelle standard al telescopio; riduzione immagini; fotometria (DAOPHOT); calibrazione; analisi. Produzione di diagrammi colori magnitudine e loro interpretazione.*

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

## MECCANICA CELESTE

(Titolare: Dott. STEFANO CASOTTO)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Dott. CASOTTO STEFANO (RuC) - Presidente  
Dott. D'ONOFRIO MAURO (RuC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 70A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia

### Prerequisiti :

Analisi 2, , Astronomia, Istituzioni di Fisica Matematica

### Obiettivi formativi :

Si offrono allo studente le basi teoriche e le tecniche matematiche per la trattazione di problemi non perturbativi e perturbativi del moto di un corpo naturale o artificiale in orbita intorno al Sole o a un pianeta del Sistema Solare.

### Metodi didattici :

L'esposizione del materiale avviene con l'uso della tradizionale lavagna, supplementato dalla proiezione di lucidi. Il corso prevede esercizi di calcolo presso il laboratorio informatico e lo svolgimento di un progetto di calcolo con relazione finale.

### Contenuto dell'attività formativa :

Fenomenologia Dinamica del Sistema Solare: commensurabilità, risonanze spin-orbita. Il problema generale del moto di un sistema di corpi isolato: equazioni del moto, integrali primi, sistemi di coordinate. Il problema dei Due Corpi: moto su sezioni coniche, leggi orarie, Equazione di Keplero, classificazione delle orbite, elementi d'orbita e loro equivalenza allo stato cartesiano, calcolo delle effemeridi e applicazione ai corpi del Sistema Solare, determinazione delle orbite preliminari secondo i metodi di Laplace e Gauss e applicazione ad asteroidi e comete, sviluppi in serie nel moto ellittico, soluzione per serie del problema di Keplero. Il Problema dei Tre Corpi: soluzioni omografiche di Eulero e di Lagrange, proprietà del moto omografico. Il Problema Ristretto Circolare dei Tre Corpi: equazioni del moto, integrale di Jacobi, curve di velocità nulla, punti di equilibrio, loro coincidenza con le soluzioni omografiche, stabilità. Perturbazioni delle coordinate: equazioni variazionali, matrice fondamentale del moto Kepleriano, metodo di Dziobek-Brouwer. Perturbazioni degli elementi: metodo di Poisson, metodo di Lagrange ed Equazioni Planetarie. La Funzione Perturbatrice per corpi puntiformi: metodi letterali e semianalitici, coefficienti di Laplace. Metodi Hamiltoniani: richiami di Meccanica Analitica, metodi perturbativi di Von Zeipel e Lie-Hori. Teoria del Moto della Luna: equazioni del moto in coordinate di Jacobi, sviluppo della funzione perturbatrice, applicazione delle equazioni planetarie, le perturbazioni principali: variazione, evezione, equazione annua, equazione parallattica; trattazione fisico-geometrica di Airy, cenni sul metodo di Hill, storia delle teorie della Luna. Teoria del Potenziale: equazioni di Gauss, Poisson e Laplace, soluzione dell'equazione di Laplace, sviluppo del potenziale in Armoniche Sferiche, applicazione al potenziale di deformazione mareale, di ellipsoidi, sferoidi, omeoidi. Teoria del Moto di un Satellite Artificiale: sviluppo della funzione perturbatrice secondo Kaula, equazioni del moto linearizzate, orbita intermedia a precessione secolare, spettro delle perturbazioni, estensione al secondo ordine, classificazione delle perturbazioni, casi di risonanza. Dinamica dei Sistemi a Molti Corpi: equazione di Boltzmann, teorema di Jeans, teoria della struttura a spirale, applicazioni alle galassie e agli anelli planetari.

### Struttura della verifica di profitto :

Orale

### Descrizione verifica profitto :

L'esame orale avviene sulle due parti del programma: tecniche non perturbative e tecniche perturbative del moto. Fa parte integrante l'esposizione della relazione del progetto sviluppato dallo studente.

### Testi di riferimento :

D. Boccaletti, G. Pucacco: «Theory of Orbits», Vol. 1: «Integrable Systems and Non-Perturbative Methods, II», Springer Verlag, 1996, Vol. 2: «Perturbative and Geometrical Methods», Springer Verlag, 1998.  
D. Murray, S. F. Dermott: «Solar System Dynamics», Cambridge University Press, 1999.  
E. Roy: «Orbital Motion», Adam Hilger, 1978.  
K. P. Seidelmann (ed.): «Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac», University Science Books, 1992.

### Ausili didattici :

Dispense del docente

## RADIOASTRONOMIA

(Titolare: Prof. SERGIO ORTOLANI)

**Periodo:** IV anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 70A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

### Contenuto dell'attività formativa :

#### Programma:

Dopo alcuni cenni sulle caratteristiche generali della radioastronomia, nella prima parte del corso vengono analizzati i limiti imposti dall'atmosfera e i meccanismi di emissione del continuo radio da parte delle principali sorgenti galattiche. Nella seconda parte vengono analizzate in dettaglio le emissioni di righe da sorgenti galattiche e le tecniche di indagine delle sorgenti radioastronomiche. Cenni storici, limiti della finestra radio. Confronto radioastronomia - astronomia ottica. Influenza e limitazioni dovute all'atmosfera terrestre. Definizioni fondamentali in radioastronomia. Cenni di radar-astronomia: l'equazione fondamentali del radar. Rivelazione di meteoriti. Emissione radio della Terra e dei pianeti. Meccanismi di emissione del continuo radio. Emissione di corpo nero, approssimazione di Rayleigh-Jeans. Legge di Kirchoff. L'emissione di free-free. Equazione del trasporto per una nube di gas con emissione ed assorbimento. Emissione del continuo da regioni HII. La radiazione di sincrotrone e il problema della temperatura di brillanza delle sorgenti galattiche. Rotazione di Faraday. Proprietà dei resti di supernovae, modelli teorici. Le pulsars: fenomenologia, distribuzione galattica, età caratteristica. Modelli delle pulsar: il rotatore obliquo. Righe di interesse astrofisico nello spettro radio. L'emissione dell'idrogeno neutro a 21 cm. Le righe di combinazione. Caratteristiche delle emissioni/assorbimenti molecolari in campo radio. Emissione indotta delle righe (maser).

#### Struttura della verifica di profitto :

Scritta

#### Testi di riferimento :

G. L. Verschuur, K. I. Kellermann, «Galactic and Extragalactic Radio Astronomy» Springer Verlag, 1988.

P. Lena, «Observational Astrophysics», Springer Verlag

J. D. Kraus, «Radio Astronomy», Mc Graw Hill, 1966.

## SPETTROSCOPIA ASTRONOMICA

(Titolare: Prof. PIERO RAFANELLI)

**Periodo:** IV anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 70A 0,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

#### Contenuto dell'attività formativa :

Spettroscopia atomica e molecolare: Livelli di energia, eccitazione termica e ionizzazione degli atomi. Numeri quantici. Termini spettroscopici. Parità. Struttura fine. Regole di selezione. Popolazione dei livelli. Eccitazione termica, formula di Boltzmann. Ionizzazione: Equazione di Saha. Deviazioni dall'Equilibrio Termodinamico. Livelli energetici e transizioni nelle molecole:

Termini elettronici. Stati vibrazionali e rotazionali. Molecole poliatomiche.

Radiazione nel gas interstellare: Trasporto della radiazione: Equazione del trasporto.

Equilibrio termodinamico locale. Righe di emissione e di assorbimento in condizioni interstellari: Coefficiente di emissione e di assorbimento. Equilibrio statistico. Processi d'urto e temperatura cinetica. Eccitazione in condizioni interstellari – Righe proibite. Righe di combinazione. Intensità delle righe in funzione della densità e della temperatura.

Emissione ed assorbimento continui: Transizione free-free di elettroni termici. Intensità del radiocontinuo termico. Transizione bound-free e free-bound. Radiazione di Sincrotrone.

Stato del gas interstellare - Ionizzazione: Equilibrio di ionizzazione. Ionizzazione dell'idrogeno. Regioni HII. Ionizzazione dell'Elio. Estinzione da parte di particelle di polvere. Regioni HI. Ionizzazione degli elementi più pesanti. Formazione e dissociazione di molecole interstellari: Idrogeno molecolare. CO, OH, H<sub>2</sub>O in nubi «diffuse». Molecole in nubi dense. Equilibrio termico e temperatura cinetica del gas: Equilibrio termico. Processi di riscaldamento del gas. Processi di raffreddamento del gas. Equilibrio termico nelle regioni HII. Equilibrio termico nelle regioni HI. Equazione di stato e modello a Due Fasi del gas HI. Teoria non statistica del riscaldamento del gas interstellare. Stato delle nubi molecolari e delle regioni HII: Parametri di stato delle nubi molecolari. Le sorgenti MASER puntiformi. Parametri di stato delle regioni HII.

#### Struttura della verifica di profitto :

Scritta

#### Testi di riferimento :

D. E. Osterbrock, «Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei».

Spitzer L. Jr., «Physical processes in the Interstellar Medium».

## STORIA DELLA SCIENZA (MOD. A)

(Titolare: da definire) - Mutuato da: Laurea Quinquennale in Scienze Biologiche

**Periodo:** 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:****Tipologie didattiche:** 40A 0,00 CFU**Sede dell'insegnamento :** Centro Interchimico**Contenuto dell'attività formativa :**

Il corso è annuale e intende presentare le principali idee che hanno dato origine alla scienza contemporanea. Esso analizza i mutamenti scientifici e filosofici verificatisi nel periodo compreso tra la metà del Cinquecento e i primi decenni del Novecento. Il programma è sviluppato in circa 90 ore di lezione, ivi comprese 10/15 ore di seminari svolte sia dal docente del corso sia da docenti dell'Ateneo o di altri Atenei italiani e esteri. Il corso è diviso in due moduli di circa quaranta ore ciascuno (5 crediti ciascuno): il primo modulo comprende le prime due sezioni del programma; il secondo modulo la terza e la quarta sezione del programma.

**Programma**

La prima sezione riguarda la rivoluzione scientifica e filosofica realizzatasi nel lungo periodo che inizia con le pubblicazioni dei trattati di Copernico e Vesalio, prosegue con le ricerche condotte da Keplero, Harvey, Cartesio e Galilei, e si chiude con la morte di Newton. L'analisi riguarda i seguenti temi:

- principali scoperte che in quel periodo vengono effettuate nelle scienze astronomiche, biologiche, fisiche, chimiche e matematiche;
- carattere universale dell'interazione gravitazionale;
- riflessioni seicentesche relative al metodo della ricerca e al meccanicismo;
- tesi filosofiche sviluppate nel Seicento da scienziati a proposito dei rapporti tra realtà, sensazioni e teorie;
- nascita dell'idea di progresso scientifico.

La seconda sezione è dedicata alla formazione di nuovi programmi di ricerca nel Settecento e nella prima metà dell'Ottocento, con particolare riferimento ai seguenti temi:

- indagini teoriche e sperimentali che portano alla individuazione del carattere universale dell'interazione elettromagnetica e alla formulazione del concetto di campo;
- nascita di concezioni evoluzionistiche in astronomia e biologia;
- scoperta del principio di conservazione dell'energia;
- mutamenti nella concezione dello spazio.

La terza sezione prende in esame le radici classiche della scienza contemporanea, così come si sono formate nella seconda metà dell'Ottocento, e si rivolge alle seguenti aree tematiche:

- teorie di Darwin sull'evoluzione;
- sviluppi matematici del concetto di campo;
- calcolo delle probabilità e determinismo nella nuova termodinamica;
- le nuove radiazioni e la scoperta dell'elettrone;
- la scoperta del neurone e la nascita delle odierne neuroscienze.

La quarta sezione del corso costituisce un'introduzione ai problemi tipici della scienza e della filosofia del Novecento:

- elementi di relatività ristretta e primi modelli quantistici dell'atomo;
- trasformazione nei rapporti tra teoria ed esperienza;
- nuove forme del problema mente/corpo;
- elementi di teoria della conoscenza scientifica.

Informazioni ulteriori alla pagina <http://www.pfs.unipd.it/cirsfis/corsoannuale.html>

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

Storia della Scienza Moderna e Contemporanea (diretta da Paolo Rossi), UTET, Torino, 1988.

E. Bellone, *Caos e armonia: storia della fisica moderna e contemporanea*, UTET, Torino 1990.

B. Continenza, *Darwin*, collana "I grandi della scienza", Le Scienze, 1998.

G. Peruzzi, *Maxwell*, collana "I grandi della scienza", Le Scienze, 1998.

G. Peruzzi, *Bohr*, collana "I grandi della scienza", Le Scienze, 2001.

M.L. Dalla Chiara e G. Toraldo di Francia, *Introduzione alla filosofia della scienza*, Bari, Laterza, 1999.

G. Peruzzi (a cura di), *Scienza e realtà. Riduzionismo e antiriduzionismo nelle scienze del Novecento*, Milano, Bruno Mondadori, 2000.

**STORIA DELLA SCIENZA (MOD. B)**

(Titolare: da definire) - Mutuato da: Laurea Quinquennale in Scienze Biologiche

**Periodo:** 2 semestre**Indirizzo formativo:** Corsi comuni**Commissione di profitto:****Tipologie didattiche:** 40A 0,00 CFU**Contenuto dell'attività formativa :**

Il corso è annuale e intende presentare le principali idee che hanno dato origine alla scienza contemporanea. Esso analizza i mutamenti scientifici e filosofici

verificatisi nel periodo compreso tra la metà del Cinquecento e i primi decenni del Novecento. Il programma è sviluppato in circa 90 ore di lezione, ivi comprese 10/15 ore di seminari svolte sia dal docente del corso sia da docenti dell'Ateneo o di altri Atenei italiani e esteri. Il corso è diviso in due moduli di circa quaranta ore ciascuno (5 crediti ciascuno): il primo modulo comprende le prime due sezioni del programma; il secondo modulo la terza e la quarta sezione del programma.

#### Programma

La prima sezione riguarda la rivoluzione scientifica e filosofica realizzatasi nel lungo periodo che inizia con le pubblicazioni dei trattati di Copernico e Vesalio, prosegue con le ricerche condotte da Keplero, Harvey, Cartesio e Galilei, e si chiude con la morte di Newton. L'analisi riguarda i seguenti temi:

- principali scoperte che in quel periodo vengono effettuate nelle scienze astronomiche, biologiche, fisiche, chimiche e matematiche;
- carattere universale dell'interazione gravitazionale;
- riflessioni seicentesche relative al metodo della ricerca e al meccanicismo;
- tesi filosofiche sviluppate nel Seicento da scienziati a proposito dei rapporti tra realtà, sensazioni e teorie;
- nascita dell'idea di progresso scientifico.

La seconda sezione è dedicata alla formazione di nuovi programmi di ricerca nel Settecento e nella prima metà dell'Ottocento, con particolare riferimento ai seguenti temi:

- indagini teoriche e sperimentali che portano alla individuazione del carattere universale dell'interazione elettromagnetica e alla formulazione del concetto di campo;
- nascita di concezioni evoluzionistiche in astronomia e biologia;
- scoperta del principio di conservazione dell'energia;
- mutamenti nella concezione dello spazio.

La terza sezione prende in esame le radici classiche della scienza contemporanea, così come si sono formate nella seconda metà dell'Ottocento, e si rivolge alle seguenti aree tematiche:

- teorie di Darwin sull'evoluzione;
- sviluppi matematici del concetto di campo;
- calcolo delle probabilità e determinismo nella nuova termodinamica;
- le nuove radiazioni e la scoperta dell'elettrone;
- la scoperta del neurone e la nascita delle odierne neuroscienze.

La quarta sezione del corso costituisce un'introduzione ai problemi tipici della scienza e della filosofia del Novecento:

- elementi di relatività ristretta e primi modelli quantistici dell'atomo;
- trasformazione nei rapporti tra teoria ed esperienza;
- nuove forme del problema mente/corpo;
- elementi di teoria della conoscenza scientifica.

#### Struttura della verifica di profitto :

Scritta

#### Testi di riferimento :

Storia della Scienza Moderna e Contemporanea (diretta da Paolo Rossi), UTET, Torino, 1988.

E. Bellone, Caos e armonia: storia della fisica moderna e contemporanea, UTET, Torino 1990 .

B. Continenza, Darwin, collana "I grandi della scienza", Le Scienze, 1998.

G. Peruzzi, Maxwell, collana "I grandi della scienza", Le Scienze, 1998.

G. Peruzzi, Bohr, collana "I grandi della scienza", Le Scienze, 2001.

M.L. Dalla Chiara e G. Toraldo di Francia, Introduzione alla filosofia della scienza, Bari, Laterza, 1999.

G. Peruzzi (a cura di), Scienza e realtà. Riduzionismo e antiriduzionismo nelle scienze del Novecento, Milano, Bruno Mondadori, 2000.

## STRUTTURA DELLA MATERIA

(Titolare: Prof. ARMANDO-FRANCESCO BORGHESANI)

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 100A 0,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dip. di Astronomia

#### Prerequisiti :

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

#### Contenuto dell'attività formativa :

1. Elementi di Meccanica Statistica Classica: Cammino Casuale; Insiemi statistici;

Distribuzione Canonica; Fenomeni di Trasporto

2. Fondamenti Sperimentali e Teorici di Meccanica Quantistica: Radiazione Termica;

L'elettrone; Interazione Radiazione-materia; Raggi X; Proprietà ondulatorie della

materia; Pacchetti d'onda; L'atomo; Teoria di Bohr dell'atomo di Idrogeno; Modello di

Sommerfeld; Principio di indeterminazione; Equazione di Schroedinger

unidimensionale; Potenziali unidimensionali continui a tratti; Equazione di Schroedinger in tre dimensioni; Momento angolare e sua misura; Equazione di Schroedinger radiale; Trattazione formale dell'atomo di Idrogeno; Il momento angolare di spin; Interazioni elettroni-campo elettromagnetico; Teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo; Particelle identiche; Atomi a più elettroni; Molecole; Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo.

3. Elementi di Meccanica Statistica Quantistica: Distribuzione di Bose-Einstein e di Fermi-Dirac; Calore specifico dei solidi.

4. Elementi di Fisica del Nucleo: Proprietà del nucleo; Decadimenti nucleari; Modelli del nucleo; Fusione e fissione.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

Testo adottato: «Introduzione alla Struttura della Materia» di A. F. Borghesani (Edizioni Libreria Progetto, Padova).

Testi consigliati:

Mc Gerveey, «Introduction to Modern Physics» (Academic Press)

F. Reif, «Fundamental of Statistical and Thermal Physics» (Mc Graw-Hill)

P. Gasiorowicz, «Quantum Physics» (Wiley)

Eisberg and Resnick, «Quantum Physics of atoms, molecules, solids, nuclei and particles» (Wiley)