



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

## **Bollettino Notiziario**

Anno Accademico 2010/2011

# **Laurea magistrale in Astronomia**

Programmi dei Corsi

---

# Curriculum: Corsi comuni

---

---

## Curriculum: AstroMundus

---

### ASTRONOMICAL SPECTROSCOPY

(Titolare: Prof. PIERO RAFANELLI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Astronomia

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** AstroMundus  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

### ASTROPHYSICS OF GALAXIES

(Titolare: Prof. ENRICO MARIA CORSINI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Astronomia

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** AstroMundus  
**Commissione di profitto:** Prof. CORSINI ENRICO MARIA (PA) - Presidente  
Prof. CORSINI ENRICO MARIA (PA) - Presidente  
Prof. PIZZELLA ALESSANDRO (PaC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento:** Dipartimento di Astronomia  
**Aule:** Aula C

#### Prerequisiti:

Conoscenza dell'inglese scientifico e degli strumenti informatici.

#### Propedeuticità:

Astrofisica Generale (mod. B)

#### Obiettivi formativi:

Il corso sviluppa gli aspetti teorici relativi alla struttura dinamica delle diverse componenti che costituiscono le galassie, trattando i seguenti

argomenti: buchi neri supermassicci nel centro delle galassie; equilibrio dei sistemi non collisionali; struttura a spirale e componenti non assimetriche nelle galassie a disco; distribuzione di massa e proprietà degli aloni di materia oscura.

#### Metodi didattici:

Le lezioni vengono svolte utilizzando sia la lavagna che presentazioni al computer.

#### Contenuto dell'attività formativa:

1. RICHIAMI SULLE PROPRIETÀ MORFOLOGICHE, FOTOMETRICHE E CINEMATICHE DELLE GALASSIE.

2. TEORIA DEL POTENZIALE: Potenziale gravitazionale. Equazione di Poisson. Equazione di Laplace. Teorema di Gauss. Energia Potenziale. Tensore dell'energia potenziale. Sistemi sferici. Teoremi di Newton. Massa puntiforme. Sfera omogenea. Profilo di densità secondo la legge di Hubble modificata. Profilo di densità a legge di potenza. Sistemi assisimetrici. Potenziale logaritmico.

3. ORBITE DELLE STELLE: Costanti e integrali del moto. Superfici di sezione. Orbite in un potenziale sferico statico. Orbite in un potenziale Kepleriano. Orbite in un potenziale assisimetrico. Moto nel piano meridionale. Orbite quasi circolari: approssimazione epicyclica. Orbite in un potenziale bidimensionale non assisimetrico. Potenziale non rotante. Orbite di tipo "loop" e "box". Orbite stabili e instabili. Potenziale rotante. Integrale di Jacobi. Punti di Lagrange. Corotazione. Famiglie di orbite  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$ . Cenni sulle orbite in un potenziale tridimensionale triassiale.

4. SISTEMI NON COLLISIONALI: Urti geometrici. Urti forti. Urti deboli. Tempo di attraversamento. Tempo di rilassamento. Funzione di distribuzione. Equazione non collisionale di Boltzmann. Equazione di continuità. Equazione di Eulero. Equazioni di Jeans. Applicazioni delle equazioni di Jeans. Ellissoide delle velocità. Asymmetric drift. Densità di massa nei dintorni solari. Dispersione di velocità di un sistema sferico. Degenerazione massa-anisotropia. Sistemi sferoidali con dispersione di velocità isotropa. Processi di riscaldamento del disco stellare e forma dell'ellissoide di velocità. Teorema del viriale. Rapporto massa-luminosità dei sistemi sferici. Rotazione delle galassie ellittiche. Teorema di Jeans. Applicazione ai sistemi sferici. Sistemi sferici con dispersione di velocità isotropa. Politropi. Sfera di Plummer. Sfera singolare isoterma. Sfera isoterma. Raggio di King. Metodo di King per la determinazione del rapporto massa-luminosità. Modelli di King. Raggio mareale. Parametro di concentrazione. Determinazione della funzione di distribuzione dal profilo di densità. Equazione di Eddington. Cenni sui sistemi sferici con dispersione di velocità anisotropia. Modelli di Michie.

#### Struttura della verifica di profitto:

Orale

#### Testi di riferimento:

J. Binney, S. Tremaine, Galactic Dynamics, 2nd ed., Princeton University Press, 2008

#### Ausili didattici:

Tutto il materiale didattico verrà reso disponibile sul sito del corso (<http://dipastro.pd.astro.it/~corsini>)

## CELESTIAL MECHANICS

---

(Titolare: Dott. STEFANO CASOTTO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Astronomia

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** AstroMundus  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

## COSMOLOGY

---

(Titolare: Prof. ALBERTO FRANCESCHINI) - Mutuato da: Laurea in Astronomia

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** AstroMundus  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

## GALAXY DYNAMICS

---

(Titolare: Prof. LUIGI ENRICO SECCO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Astronomia

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** AstroMundus  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

## SPACE PLASMA PHYSICS

---

(Titolare: Prof. PIERO BENVENUTI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Astronomia

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** AstroMundus  
**Commissione di profitto:** Prof. BENVENUTI PIERO (PO) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Informazioni in lingua non trovate  
**Aule :** Informazioni in lingua non trovate

**Prerequisiti :**  
Conoscenza dell'inglese scientifico e degli strumenti informatici.

**Propedeuticità' :**  
Astrofisica Generale (mod. B)

**Obiettivi formativi :**  
Informazioni in lingua non trovate

**Metodi didattici :**  
Informazioni in lingua non trovate

**Contenuto dell'attività formativa :**  
Informazioni in lingua non trovate

**Struttura della verifica di profitto :**  
Scritta

**Descrizione verifica profitto :**  
Informazioni in lingua non trovate

**Testi di riferimento :**  
Informazioni in lingua non trovate

**Ausili didattici :**  
Informazioni in lingua non trovate

## STELLAR POPULATION

---

(Titolare: Prof. ANTONIO BIANCHINI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Astronomia

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** AstroMundus  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

# THEORETICAL ASTROPHYSICS

(Titolare: Prof. CESARE CHIOSI)

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** AstroMundus  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

---

## Curriculum: Astronomia

---

### ASTROFISICA DEL MEZZO INTERSTELLARE

(Titolare: da definire) Insegnamento non attivato per l'a.a 2010/2011

**Periodo:** Il anno, annuale  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Prof. BARBARO GUIDO (PrCr) - Presidente  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** da definire

**Prerequisiti :**

Per la comprensione delle lezioni e' richiesta la conoscenza della fisica generale (in particolare termodinamica ed elettromagnetismo) e delle nozioni di base dell'astrofisica

**Obiettivi formativi :**

Il corso si propone di fornire le conoscenze atte alla interpretazione dei fenomeni dinamici del mezzo interstellare ed in particolare dei processi di formazione delle stelle. La prima parte del corso riguardale conoscenze di base della fluidodinamica e della magnetoidrodinamica.

**Metodi didattici :**

Il corso si sviluppera' in lezioni frontali ed in esercitazioni volte a indicare come si applichino le nozioni introdotte

**Contenuto dell'attivita' formativa :**

Concetto di fluido. Punti di vista lagrangiano ed euleriano. Fluidi ideali e fluidi reali  
Equazioni del moto.

Onde sonore. Criterio di Jeans. Teorema del viriale. Fluidi reali.

Bilancio termico del gas interstellare. Processi di riscaldamento e di raffreddamento. Instabilita' termica.

Onde d'urto adiabatiche. Onde d'urto radiative.

Turbolenza nei gas incompressibili. Turbolenza nel gas interstellare.

Plasmi. equazioni di Maxwell. Equazione del campo magnetico e congelamento delle linee di induzione. Diffusione ambipolare. Onde di Alfvén.

Dinamica delle regioni HII: bilancio energetico e temperatura del gas ionizzato; emissione radio ed infrarossa.

Polveri interstellari ed estinzione. Temperatura dei grani.

Le componenti del mezzo interstellare (gas hot, gas ionizzato, gas neutro atomico e gas molecolare). Tecniche diagnostiche per la loro individuazione.

Proprieta' statistiche delle nubi molecolari . Equilibrio meccanico.

Aspetti osservativi del processo di formazione stellare. Formazione delle stelle di piccola massa.

Collasso ed evoluzione successiva fino alla Sequenza principale. Classificazione degli spettri ultravioletti delle protostelle.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

La verifica del profitto avra' luogo mediante un colloquio, eventualmente con la discussione di un elaborato prodotto dallo studente su un argomento trattato durante le lezioni (facoltativo)

**Testi di riferimento :**

L. Spitzer jr Physical processes in the interstellar medium, 1978

Ed. Wiley

C.J. Lada e N.D. Kylafis The physics of star formation and early stellar evolution 1990 Kluwer Academic Press

**Ausili didattici :**

Dispense del docente

---

### ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE

(Titolare: da definire) Insegnamento non attivato per l'a.a 2010/2011

**Periodo:** Il anno, annuale

**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Prof. FRANCESCHINI ALBERTO (PO) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** da definire

**Prerequisiti :**

Fisica della radiazione elettromagnetica, elementi di astrofisica.

**Obiettivi formativi :**

Il corso si propone di fornire un'ampia descrizione dei principali fenomeni astrofisici che coinvolgono le alte energie, con particolare riferimento ai nuclei galattici attivi e alla fisica dei buchi neri.

**Metodi didattici :**

Lezioni frontali

**Contenuto dell'attività formativa :**

Parte prima. Plasmi astrofisici, generalità fenomeni di viscosità, onde sonore, onde d'urto. Ammassi e gruppi di galassie, proprietà ottiche, radio ed X. Il plasma caldo intra-cluster, struttura, evoluzione ed origine del plasma, arricchimento in metalli, contributo alla densità totale di materia, cooling flows in ammassi. Scattering multiplo, effetti combinati di scattering e assorbimento, il parametro di Compton Y, l'equazione di Kompaneets, l'effetto Sunyaev-Zeldovich. 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. Gets astrofisici.

Parte seconda. Sorgenti di energia nei Nuclei Galattici Attivi. Accrescimento in campo gravitazionale come sorgente di energia, tasso di accrescimento, limite di Eddington. Dinamica di un gas in accrescimento. Accrescimento in sistemi binari, superfici equipotenziali, lobi di Roche, formazione di dischi, frizione viscosa. Dischi d'accrescimento sottili: il modello standard, struttura radiale, spettro emesso. 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. Tori di polvere e gas, assorbimento dell'emissione nucleare, assorbimento fotoelettrico X ed estinzione. Modello unificato degli AGN.

Parte terza. 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. Le varie sorgenti dei fondi.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Discussione sul programma svolto

**Testi di riferimento :**

Testi consigliati

G.B. Rybicki, A.P. Lightman, "Radiative Processes in Astrophysics", John Wiley & Sons, 1979 (solo la parte sull'effetto Cherenkov)  
Frank, et al. "Accretion Power in Astrophysics", Cambridge University Press.

**Ausili didattici :**

Dispense del docente

## ASTROFISICA DELLE GALASSIE

(Titolare: Prof. ENRICO MARIA CORSINI)

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Prof. CORSINI ENRICO MARIA (PA) - Presidente  
Prof. PIZZELLA ALESSANDRO (PaC) - Membro  
Prof. BERTOLA FRANCESCO (POF) - Membro

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** Aula C

**Prerequisiti :**

Conoscenza dell'inglese scientifico e degli strumenti informatici.

**Propedeuticità' :**

Astrofisica Generale (mod. B)

**Obiettivi formativi :**

Il corso sviluppa gli aspetti teorici relativi alla struttura dinamica delle diverse componenti che costituiscono le galassie, trattando i seguenti argomenti: buchi neri supermassicci nel centro delle galassie; equilibrio dei sistemi non collisionali; struttura a spirale e componenti non assimetriche nelle galassie a disco; distribuzione di massa e proprietà degli aloni di materia oscura.

**Metodi didattici :**

Le lezioni vengono svolte utilizzando sia la lavagna che presentazioni al computer.

**Contenuto dell'attività formativa :**

1. RICHIAMI SULLE PROPRIETÀ MORFOLOGICHE, FOTOMETRICHE E CINEMATICHE DELLE GALASSIE.

2. TEORIA DEL POTENZIALE: Potenziale gravitazionale. Equazione di Poisson. Equazione di Laplace. Teorema di Gauss. Energia Potenziale. Tensore dell'energia potenziale. Sistemi sferici. Teoremi di Newton. Massa puntiforme. Sfera omogenea. Profilo di densità secondo la legge di Hubble modificata. Profilo di densità a legge di potenza. Sistemi assimetrici. Potenziale logaritmico.

3. ORBITE DELLE STELLE: Costanti e integrali del moto. Superfici di sezione. Orbite in un potenziale sferico statico. Orbite in un potenziale Kepleriano. Orbite in un potenziale assimetrico. Moto nel piano meridionale. Orbite quasi circolari: approssimazione

epiciclica. Orbite in un potenziale bidimensionale non assisimmetrico. Potenziale non rotante. Orbite di tipo "loop" e "box". Orbite stabili e instabili. Potenziale rotante. Integrale di Jacobi. Punti di Lagrange. Corotazione. Famiglie di orbite  $x_1, x_2, x_3, x_4$ . Cenni sulle orbite in un potenziale tridimensionale triassiale.

4. SISTEMI NON COLLISIONALI: Urti geometrici. Urti forti. Urti deboli. Tempo di attraversamento. Tempo di rilassamento. Funzione di distribuzione. Equazione non collisionale di Boltzmann. Equazione di continuit . Equazione di Eulero. Equazioni di Jeans. Applicazioni delle equazioni di Jeans. Ellissoide delle velocita . Asymmetric drift. Densita  di massa nei dintorni solari. Dispersione di velocita  di un sistema sferico. Degenerazione massa-anisotropia. Sistemi sferoidali con dispersione di velocita  isotropa. Processi di riscaldamento del disco stellare e forma dell'ellissoide di velocita . Teorema del viriale. Rapporto massa-luminosita  dei sistemi sferici. Rotazione delle galassie ellittiche. Teorema di Jeans. Applicazione ai sistemi sferici. Sistemi sferici con dispersione di velocita  isotropa. Politropi. Sfera di Plummer. Sfera singolare isoterma. Sfera isoterma. Raggio di King. Metodo di King per la determinazione del rapporto massa-luminosita . Modelli di King. Raggio mareale. Parametro di concentrazione. Determinazione della funzione di distribuzione dal profilo di densita . Equazione di Eddington. Cenni sui sistemi sferici con dispersione di velocita  anisotropia. Modelli di Michie.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Testi di riferimento :**

J. Binney, S. Tremaine, Galactic Dynamics, 2nd ed., Princeton University Press, 2008

**Ausili didattici :**

Tutto il materiale didattico verra  reso disponibile sul sito del corso (<http://dipastro.pd.astro.it/~corsini>)

## ASTROFISICA DELLE INTERAZIONI

(Titolare: Prof. LUIGI ENRICO SECCO)

**Periodo:** I anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Prof. SECCO LUIGI ENRICO (PrCr) - Presidente  
Prof. BARBARO GUIDO (PrCr) - Membro  
Dott. CAIMMI ROBERTO (RuC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** Aula C

**Prerequisiti :**

Laurea triennale in Astronomia , in Fisica, in Matematica o Ingegneria.

**Propedeuticit  :**

Elementi di base di struttura della materia e di fisica teorica

**Obiettivi formativi :**

Rivisitazione con approfondimento dei Principi Fondamentali alla base della descrizione fisica della natura. Descrizione delle interazioni come simmetrie. Primissime fasi di evoluzione cosmologica. Il corso e' quindi adatto sia al I che al II anno della Laurea Specialistica in Astronomia.

**Metodi didattici :**

Lezioni frontali.

**Contenuto dell'attivita' formativa :**

La forza di gravita' e le altre forze della natura. Descrizione della natura mediante i Principi variazionali, differenziali ed integrali: D'Alembert, Hamilton, Maupertuis. Unificazione fra Statica e Dinamica, fra sistemi conservativi e non. Geodetiche e brachistocrone. Trasformazioni canoniche e funzioni generatrici. La funzione principale di Jacobi e la funzione caratteristica di Hamilton-Jacobi. Analogie strutturali fra la meccanica e l'ottica. L'equazione eiconale. La dimostrazione di Schroedinger e la relazione di de Broglie. La relazione fra il Principio di Maupertuis e quello di Fermat. Conservazioni e Simmetrie. Il teorema di Noether. Le simmetrie meccaniche. Dinamica dei sistemi continui. Teoria elementare elastica dei campi di forza. Il campo E-H e quello di Klein-Gordon. La dimostrazione di Jordan. Le forze come simmetrie. Campi di gauge. Rottura spontanea di simmetria e differenziazione durante le primissime fasi dell'evoluzione cosmologica. Il meccanismo di Higgs. L'inflazione di Guth. Il ruolo della forza di gravita' per la crescita della complessita' in un Universo in espansione.

**Struttura della verifica di profitto :**

Da definire

**Descrizione verifica profitto :**

L'esame puo' essere svolto discutendo una tesina di approfondimento di argomenti del corso, da concordare con il docente.

**Testi di riferimento :**

L. Secco: Dispense.

N. Dallaporta: Istituzioni di Fisica Teorica, 1971, ed. Patron, Bologna.

H. Goldstein: Classical Mechanics, 1959, ed. Addison Wesley Pub. Comp.

L. Landau, E. Lifshits: Teoria dei Campi, 1976, ed. Editori Riuniti.

F. Halzen, A.D. Martin: Quarks & Leptons, 1984, ed. John Wiley & Sons.

A.H. Guth: Fundamental arguments for Inflation, 1991, NATO ASI, 348, 1.

**Ausili didattici :**

Dispense del docente.

P. Coles, F. Lucchin: Cosmology- The origin and evolution of Cosmic Structure, 1995, John Wiley & Sons, Chichester.

## ASTROFISICA DI COMETE E ASTEROIDI

(Titolare: da definire) Insegnamento non attivato per l'a.a 2010/2011

**Periodo:** Il anno, annuale  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Prof. BARBIERI CESARE (PO) - Membro

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** da definire

**Prerequisiti :**  
Elementi di Astronomia e Astrofisica elementare

**Propedeuticit  :**  
Nessuna

**Obiettivi formativi :**  
Il corso si propone di fornire gli elemnti di base per lo studio dei corpi minori del Sistema Solare.

**Metodi didattici :**  
Lezioni frontali

**Contenuto dell'attivit  formativa :**  
Struttura interna di Comete ed Asteroidi.  
Le famiglie di Asteroidi  
Caratteristiche generali dei corpi minori del Sistema Solare

**Struttura della verifica di profitto :**  
Orale

**Descrizione verifica profitto :**  
Discussione sui contenuti del corso

**Testi di riferimento :**  
Dispense del docente

---

## ASTROFISICA TEORICA 2: STELLE COLLASSATE

(Titolare: da definire) Insegnamento non attivato per l'a.a 2010/2011

**Periodo:** Il anno, annuale  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:**  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** da definire

**Prerequisiti :**  
Conoscenze di Fisica Generale I e II, Analisi Matematica I e II, Termodinamica, Struttura della Materia, Istituzioni di Fisica Teorica, Elementi di Meccanica Statistica, Astrofisica II (mod B, LT), Astrofisica Teorica I.

**Obiettivi formativi :**  
Corso avanzato sugli stadi finali dell'evoluzione stellare, formazione di oggetti compatti (Nane Bianche, Stelle di Neutroni e Buchi Neri) e la struttura fisica di questi.

**Metodi didattici :**  
Lezioni frontali con l'ausilio di trasparenze o altri mezzi informatici. Sistematica discussione dei vari aspetti degli argomenti di studio, articolati nei tre passi fondamentali: impostazione, dimostrazione conseguenze ed applicazioni. Continua verifica del grado di comprensione raggiunto dagli studenti.

**Contenuto dell'attivit  formativa :**  
Stadi finali dell'evoluzione stellare e la formazione di oggetti compatti. Equazione di stato sotto il neutron-drip. Nane Bianche: masse e raggi. Raffreddamento delle Nane Bianche. Elementi di relativit  Generale. Equilibrio e stabilit  di configurazioni fluide. Rotazione e campi magnetici. Equazione di stato sopra il neutron-drip. Stelle di Neutroni: masse e raggi. Pulsars. Raffreddamento delle Stelle di Neutroni. Buchi Neri. Sorgenti X compatte. Accrescimento su Buchi Neri. Accrescimento su Nane Bianche e Stelle di Neutroni. Radiazione gravitazionale. Stelle super-massicce e Buchi Neri. Collasso stellare ed esplosione di supernove di tipo II.

**Struttura della verifica di profitto :**  
Orale

**Descrizione verifica profitto :**  
Colloquio su argomenti proposti dal docente tratti fra quelli presentati a lezione. Esso mira a valutare il grado di preparazione raggiunto, la capacit  di usare i concetti appresi, e l'abilit  a discutere in maniera critica le problematiche affrontate.

**Testi di riferimento :**  
"Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars: the physics of compact objects", S. L. Shapiro and A. A. Teukolwsky, John Wiley & Sons Publishers.

**Ausili didattici :**  
Copia di tutti i lucidi usati a lezione in formato file.pdf organizzati per lezione ed argomento e resi disponibili sulla pagina webb del Dipartimento.

---

## C.I. DI ASTROFISICA GENERALE

**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:**

# ASTROFISICA GENERALE (MOD. A)

(Titolare: Prof. SERGIO ORTOLANI)

**Periodo:** I anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento:** Dipartimento di Astronomia  
**Aule:** Aula C, Aula A, Aula I.Rosino

## Prerequisiti:

Conoscenza dell'inglese scientifico e degli strumenti informatici.

## Propedeuticit :

Trattandosi di un esame del primo semestre del primo anno della magistrale non richiede una specifica propedeuticit 

## Obiettivi formativi:

Il Modulo A intende dare agli studenti una visione pi  ampia ed approfondita dell'astrofisica moderna rispetto ai corsi della triennale, in particolare nel campo dei corpi del sistema solare che costituisce la parte pi  importante del corso. La parte finale racchiude invece conoscenze nell'ambito di fenomeni celesti complessi che permettono agli studenti di applicare precedenti conoscenze inclusa la fisica e la chimica.

Mod. B - conoscenze avanzate sulle galassie.

## Metodi didattici:

Lezioni frontali in italiano

## Contenuto dell'attivit  formativa:

Astrofisica Generale Mod. A – Programma di massima

- Richiami delle nozioni di base di astronomia
- Leggi fondamentali dei gas utili per le applicazioni astrofisiche
- Struttura e collocazione del sistema solare
- Caratteristiche fisiche dei pianeti, atmosfere planetarie, datazione delle superfici planetarie, chimica del sistema solare, evoluzione dei pianeti. Origine dei pianeti
- Gas nella Galassia: riga a 21 cm, resti di supernovae, sorgenti maser

## Astrofisica Generale Mod. B

- Funzione di luminosit  delle galassie, 12 ore
  - classificazione ad alto redshift fotometrica e spettroscopica
  - effetti dell'ambiente
  - principali survey da terra a da spazio
  - Il gruppo locale e l'universo vicino
- Cinematica di galassie con spettroscopia a campo integrale, 5 ore
  - Relazioni di scala per le galassie ellittiche, 5 ore
    - piano fondamentale e sua evoluzione in z
    - relazione di Kormendy, Faber-Jackson,  $D_n$ -sigma
  - Relazioni di scala per le galassie a spirale, 5 ore
    - relazione di Tully-Fisher e sua evoluzione in redshift
    - dischi ad alta e bassa brillanza superficiale (LSB)
- Ammassi di galassie e distribuzione della materia oscura, 5 ore
  - misura della massa in ammassi di galassie: aloni X e lensing gravitazionale
  - propriet  della materia oscura nelle galassie e negli ammassi di galassie
- Buchi neri supermassicci nel centro di galassie, 4 ore
- Propriet  chimiche delle popolazioni stellari nelle galassie, 4 ore
  - evoluzione, arricchimento metallico e gradienti di abbondanza chimica (indici spettrofotometrici - sistema di Lick)
  - Mg-sigma, Mg-velocit  di fuga, relazione colore magnitudine
  - tasso di formazione stellare (tipi morfologici, ambiente, redshift)
  - Evoluzione passiva e accrescimento gerarchico

## Struttura della verifica di profitto:

Scritta, Orale

## Descrizione verifica profitto:

La verifica dell'apprendimento del Mod. A avviene con una verifica orale. Viene offerta agli studenti la possibilit  di superare l'esame al termine del corso anche con una verifica scritta.

La verifica dell'apprendimento del Mod. A avviene con un esame orale.

## Testi di riferimento:

dispense del docente

## Ausili didattici:

Mod. A Dispense del docente. Alcuni ausili didattici si trovano in:  
<http://www.astro.unipd.it/planets/barbieri/didattica.html>

Mod. B Dispense e ausili didattici si trovano in:  
<http://dipastro.pd.astro.it/pizzella/corso/AstrofisGall.html>

# ASTROFISICA GENERALE (MOD. B)

(Titolare: Prof. ALESSANDRO PIZZELLA)



**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** aula C

**Prerequisiti :**  
knowledge of scientific english and basic computer skills

**Obiettivi formativi :**  
Conoscenze avanzate sulle galassie.

**Metodi didattici :**

Lezioni frontali in italiano

**Contenuto dell'attività formativa :**

- Funzione di luminosità delle galassie, 12 ore
  - classificazione ad alto redshift fotometrica e spettroscopica
  - effetti dell'ambiente
  - principali survey da terra a da spazio
  - Il gruppo locale e l'universo vicino
- Cinematica di galassie con spettroscopia a campo integrale, 5 ore
- Relazioni di scala per le galassie ellittiche, 5 ore
  - piano fondamentale e sua evoluzione in  $z$
  - relazione di Kormendy, Faber-Jackson,  $D_n$ -sigma
- Relazioni di scala per le galassie a spirale, 5 ore
  - relazione di Tully-Fisher e sua evoluzione in redshift
  - dischi ad alta e bassa brillantezza superficiale (LSB)
- Ammassi di galassie e distribuzione della materia oscura, 5 ore
  - misura della massa in ammassi di galassie: aloni X e lensing gravitazionale
  - proprietà della materia oscura nelle galassie e negli ammassi di galassie
- Buchi neri supermassicci nel centro di galassie, 4 ore
- Proprietà chimiche delle popolazioni stellari nelle galassie, 4 ore
  - evoluzione, arricchimento metallico e gradienti di abbondanza chimica (indici spettrofotometrici - sistema di Lick)
  - $Mg$ -sigma,  $Mg$ -velocità di fuga, relazione colore magnitudine
  - tasso di formazione stellare (tipi morfologici, ambiente, redshift)
  - Evoluzione passiva e accrescimento gerarchico

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Ausili didattici :**

dispense del docente

---

## C.I. DI ASTROFISICA TEORICA

**Indirizzo formativo:** Astronomia

**Commissione di profitto:**

---

### ASTROFISICA TEORICA (MOD. A)

(Titolare: Prof. CESARE CHIOSI)

**Periodo:** I anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** da definire

**Prerequisiti :**

Conoscenze di Fisica Generale I e II, Analisi Matematica I e II, Termodinamica, Struttura della Materia, Istituzioni di Fisica Teorica, Elementi di Meccanica Statistica.

**Obiettivi formativi :**

Corso avanzato sulla teoria della struttura ed evoluzione delle stelle e delle popolazioni stellari con elementi sulla formazione ed evoluzione degli elementi chimici.

**Metodi didattici :**

Lezioni frontali

**Contenuto dell'attività formativa :**

Introduzione: gli osservabili stellari. Il diagramma HR. Termodinamica degli interni stellari. Teoria della radiazione: descrizione macroscopica del campo di radiazione, coefficienti di assorbimento, emissione, diffusione, equazione del trasporto radiativo, soluzione in approssimazione di quasi equilibrio termodinamico. Teoria della convezione: stabilità, teoria del mescolamento, overshoot convettivo, semiconvezione, diffusione. Equazione di stato del gas e della radiazione, equazione di stato dei gas degeneri, equazione di Saha. Opacità della materia stellare. Generazione di energia nucleare e gravitazionale. Emissione di neutrini. Teoria delle atmosfere stellari: modelli, formazione delle righe, trasporto radiativo in una atmosfera in movimento, applicazioni semplici. Equazioni

generali di struttura stellare e loro soluzione. I metodi numerici. Formazione stellare e fasi iniziali, linea di Hayashi. La fase di sequenza principale, masse limite. Evoluzione fuori dalla sequenza principale: stelle di piccola massa, stelle di massa intermedia, stelle massicce. Teoria della perdita di massa per vento stellare. Stadi finali dell'evoluzione stellare: nane bianche, Supernovae di tipo I e II, meccanismi di esplosione (collasso gravitazionale, deflagrazione del carbonio, instabilità di coppie), stelle di neutroni e buchi neri). Nucleosintesi idrostatica ed esplosiva. Tla relazione massa-raggio per nane bianche e stelle di neutroni, effetti di relatività generale. Nucleosintesi dei processi di cattura di neutroni e protoni (s e p). La formazione degli elementi chimici. Nucleo-cosmo-cronologia. Evoluzione di stelle binarie interagenti. Stabilità stellare ed oscillazioni stellari in approssimazione lineare con applicazione alle stelle Cefeidi, RR Lyrae, delta Scuti. Struttura ed evoluzione di stelle rotanti. Teoria delle popolazioni stellari semplici: il caso degli ammassi globulari. Cenni alla teoria dell'evoluzione degli elementi chimici, the vicinanze solari.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Colloquio su argomenti proposti dal docente tratti fra quelli presentati a lezione. Esso mira a valutare il grado di preparazione raggiunto, la capacità di usare i concetti appresi, e l'abilità a discutere in maniera critica le problematiche affrontate.

**Testi di riferimento :**

Dispense e materiale del docente

**Ausili didattici :**

Copy in pdf-layout of the viewgraphs and powerpoint presentation organized per lecture and topic. They can freely downloaded from the Department web page.

---

## **ASTROFISICA TEORICA (MOD. B)**

(Titolare: Prof. ALBERTO FRANCESCHINI)

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** Aula C Dipartimento di Astronomia

**Prerequisiti :**

Conoscenze di Fisica Generale I e II, Analisi Matematica I, II e III, Istituzioni di Fisica Quantistica, Elementi di Meccanica Statistica, Astrofisica II (mod B, LT), Cosmologia (LT).

**Obiettivi formativi :**

Fornire un quadro generale della struttura attuale e della storia evolutiva dell'universo, e una descrizione delle modalità d'indagine e degli osservabili fondamentali

**Contenuto dell'attività formativa :**

COSMOLOGIA Laurea Magistrale  
PROGRAMMA

### **INTRODUZIONE FENOMENOLOGICA**

Proprietà generali e strutturali dell'universo.

Distribuzione su grande scala delle galassie. Funzioni di correlazione angolari e spaziali. Equazione di Limber. Correlazioni di ordine superiore. Mapping 3D di galassie e Nuclei Attivi.

La legge di Hubble, determinazione delle distanze cosmiche. Deviazioni dalla legge di Hubble, velocità peculiari.

Spettro e isotropia della CMB. Distorsioni spettrali e dell'intensità. Struttura delle anisotropie nell'intensità della radiazione e loro interpretazione fisica. Contributi di sorgenti alle anisotropie ed effetto Sunyaev-Zeldovich da plasmi caldi. Osservazioni da terra e dallo spazio. COBE & WMAP.

### **IL FORMALISMO TEORICO**

Principio cosmologico, spazi curvi isotropi e metrica spazio-temporale, metrica di Robertson-Walker e sua deduzione. Cosmografia. Osservabili fondamentali della cosmologia. Flussi apparenti e distanze di luminosità. Diametri angolari e distanza di diametro angolare. Brillanza superficiale. Volumi cosmici e conteggi di sorgenti. Contributi di sorgenti alle radiazioni diffuse. Equazioni di Campo della Relatività Generale, tensore Energia-Impulso.

### **MODELLI D'UNIVERSO (ripasso di contenuti del corso di Cosmologia della LT)**

Modelli di Friedman senza costante cosmologica, parametri cosmologici, parametri di densità e decelerazione e loro evoluzione nel tempo, orizzonti cosmici, relazione tempo-redshift, effetti di una costante cosmologica, dinamica dei modelli d'universo. Orizzonti cosmologici.

### **DEVIAZIONI DA OMOGENEITÀ E ISOTROPIA. IL LENSING GRAVITAZIONALE E SUE APPLICAZIONI**

Risultato newtoniano e correzione relativistica. Potenziali della lente. Lente puntiforme e distribuzioni sferiche isoterme. Raggio di Einstein. Sezioni d'urto di lensing. Effetto del lensing sui ritardi temporali. Caustiche.

Osservazioni del lensing gravitazionale ed applicazioni cosmologiche. Stima delle masse degli ammassi di galassie. Stima della costante  $H_0$ . Effetti della costante cosmologica nelle statistiche del lensing.

### **STORIA TERMICA DELL'UNIVERSO**

Contenuto di materia e radiazione nell'universo. Densità di energia. Universi dominati dalla radiazione. Epoche della ricombinazione e dell'equivalenza.

Tempi scala dell'evoluzione cosmica.

Generazione della radiazione cosmica di fondo delle microonde (CMB). Distorsioni della CMB. Deviazioni dall'equilibrio di Corpo Nero per iniezioni di energia primordiale. Effetto Sunyaev-Zeldovich e sue applicazioni (cenni). Entropia cosmica per barione.

### **UNIVERSO PRIMORDIALE, BIG BANG, TRANSIZIONI DI FASE, INFLAZIONE COSMOLOGICA**

Singularità del Big Bang. Tempo di Planck. Il problema della quantizzazione della gravità

Cenni al modello standard delle particelle elementari. Interazioni fondamentali. Transizioni di fase in cosmologia.

*Problemi aperti del modello standard. Problema della costante cosmologica. Problema dell'orizzonte. Problema della piattezza. Inflazione cosmica e sue soluzioni dei problemi. Cenni alla questione del Principio Antropico.*

#### **ERA LEPTONICA E DEL PLASMA. NUCLEOSINTESI PRIMORDIALE.**

*Statistiche delle particelle dopo la transizione quark-adrone. Reazioni fondamentali, potenziali chimici. Era dei leptoni, disaccoppiamento neutrino. Rapporto neutrone-protone.*

*Nucleosintesi dell'elio. Frazione di deuterio e altri elementi leggeri. Vincoli osservativi.*

*Eta' della radiazione. Ricombinazione. Era della materia. Evoluzione spettrale della CMB.*

*Contenuto di materia e radiazione nell'universo, universo dominato dalla radiazione, generalita' sulle radiazioni cosmiche, epoca della ricombinazione, nucleosintesi cosmologica nell'universo primordiale, sintesi e abbondanze degli elementi leggeri rapporto barioni-fotoni.*

#### **EVOLUZIONE DELLE PERTURBAZIONI NEL FLUIDO COSMICO E ORIGINE DELLE STRUTTURE COSMICHE**

*Teoria di Jeans dell'instabilita' gravitazionale. Perturbazioni isoterme e adiabatiche nel fluido cosmico in espansione. Fluttuazioni nella radiazione cosmica di fondo, picchi acustici, contributo delle radiosorgenti. Effetti della materia oscura, materia oscura calda e fredda, evoluzione delle perturbazioni.*

#### **STORIA COSMICA DOPO LA RICOMBINAZIONE: CENNI**

*Raffreddamento del gas barionico, collasso non lineare, evoluzione cosmologica di popolazioni di sorgenti e galassie, storia della formazione stellare e della produzione di elementi nelle galassie, vincoli dalle radiazioni cosmiche di fondo, nubi assorbenti negli spettri dei quasars, equazioni dell'evoluzione cosmica degli elementi.*

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

Orale

#### **Descrizione verifica profitto :**

*La verifica consistera' in una interrogazione su argomenti inerenti il programma del corso oppure nell'elaborazione di una tesina riguardante uno specifico approfondimento.*

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

*Coles & Lucchin, "Cosmology, the origin and evolution of cosmic structure, Wiley, Edizione 2002*

*M. Longair, Galaxy Formation, Astronomy & Astrophysics Library, Edizione 2007*

*J. Peacock, Physical Cosmology*

#### **Ausili didattici :**

*Dispense del docente, fotocopie*

---

## **C.I. DI CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE**

**Indirizzo formativo:** Astronomia

**Commissione di profitto:**

---

## **CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE (MOD. A)**

(Titolare: Prof. STEFANO DE MARCHI) - Mutuato da:

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia

**Aule :** da definire

#### **Prerequisiti :**

*Corsi di Analisi Matematica I e II e Algebra Lineare*

#### **Obiettivi formativi :**

Modulo: Teoria

-----  
*Nel corso verranno studiati i metodi numerici più importanti per la soluzione di problemi classici dell'analisi matematica. Al di là del necessario bagaglio teorico per la comprensione dei contenuti, particolare enfasi sarà data all'aspetto algoritmico sia dal punto di vista dell'implementazione, complessità ed efficienza del calcolo, nonché agli aspetti più puramente numerici di convergenza e di stabilità. L'obiettivo è quindi di fornire allo studente, oltre alla necessaria conoscenza dei metodi, soprattutto l'analisi e maturare una "sensibilità numerica", ingrediente fondamentale nella soluzione di problemi reali.*

Modulo: Laboratorio

-----  
*Implementazione mediante Matlab dei principali algoritmi del calcolo numerico.*

#### **Metodi didattici :**

*lezioni frontali e di laboratorio*

#### **Contenuto dell'attivita' formativa :**

*Teoria*

\* *Analisi degli errori. Errore assoluto ed errore relativo. Numeri di macchina ed errori connessi.*

*Algoritmi per il calcolo di un'espressione. Condizionamento dei problemi e stabilità dei metodi.*

- \* *Equazioni non lineari.*  
Metodo di bisezione. Iterazione di punto fisso: generalità, convergenza e criteri di arresto.  
Metodo delle secanti e di Newton.
- \* *Soluzione di sistemi lineari.*  
Metodi diretti: richiami su fattorizzazione LU e tecnica del pivoting, sostituzione in avanti e all'indietro. Algoritmo di Thomas per sistemi tridiagonali.  
Metodi iterativi: i metodi di Jacobi, di Gauss-Seidel ed SOR. Raffinamento iterativo.  
Metodo di Richardson e del gradiente. Sistemi sparsi e a banda.  
Soluzione di sistemi sovra e sotto-determinati.
- \* *Calcolo di autovalori ed autovettori.*  
Localizzazione degli autovalori. Metodo delle potenze e delle potenze inverse.  
Metodo QR e sue varianti.
- \* *Interpolazione e approssimazione di funzioni e di dati.*  
Interpolazione polinomiale: forma di Lagrange e di Newton. Stima dell'errore di interpolazione.  
Interpolazione polinomiale a tratti e funzioni "splines" (cenni).  
Metodo dei minimi quadrati e decomposizione ai valori singolari.
- \* *Derivazione ed integrazione numerica.*  
Semplici formule d'approssimazione delle derivate e relativo errore.  
Integrazione numerica. Polinomi ortogonali.  
Formule di tipo Newton-Cotes e di Gauss, semplici e composite.  
Errore di quadratura.

-----

## Laboratorio

Implementazione in linguaggio Matlab di alcuni degli algoritmi proposti nel corso di teoria, per risolvere semplici problemi relativi alle lezioni di teoria.  
Nota: il laboratorio sarà di due ore settimanali (all'interno delle ore previste per il corso).

### Struttura della verifica di profitto :

Orale, Pratica

### Descrizione verifica profitto :

Nota: si consiglia di seguire le esercitazioni di laboratorio e di fare gli esercizi proposti  
Questi verranno poi discussi durante la prova orale.

### Testi di riferimento :

1. A. Quarteroni, F. Saleri: *Introduzione al Calcolo Scientifico, Esercizi e problemi risolti in Matlab*, Terza Ed., Springer-Verlag, Milano, 2006.
2. G. Monegato: *Elementi di Calcolo Numerico*, Levrotto&Bella, Torino, 1995.
3. Dispense del corso disponibili alla pagina web del docente

---

## CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE (MOD. B)

(Titolare: Prof. ROBERTO STROILI) - Mutuato da: Laurea in Fisica

**Periodo:** 1 anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 32A+8E; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Corso mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Fisica  
**Aule :** da definire

### Obiettivi formativi :

Il corso si propone di dare gli elementi di base della programmazione a oggetti

### Metodi didattici :

Lezioni frontali ed esercitazioni

### Contenuto dell'attività formativa :

- Introduzione e sintassi di C/C++, primi esempi di programmi C++
- Variabili, array, puntatori e allocazione dinamica della memoria
- Classi e oggetti: differenza tra interfaccia e implementazione
- Templates; un esempio di template: linked list e iteratore sulla lista
- Ereditarietà tra classi
- Metodi virtuali e classi astratte
- Cenni di ingegneria del software: il ciclo di sviluppo del software e i suoi vari stadi. Sviluppo a cascata e sviluppo evolutivo
- Introduzione alla programmazione a oggetti: classi, oggetti, relazioni. Messaggi e responsabilità. Loro rappresentazione grafica. Cenni di programmazione generica
- Introduzione a UML
- Analisi: studio del problema e identificazione delle classi, delle loro relazioni e responsabilità. Casi d'uso. Scenari
- Disegno: ereditarietà verso composizione. Ereditarietà verso tipi parametrizzati. Identificazione e riuso dei più comuni patterns e meccanismi.
- Implementazione: esempi di implementazione in C++ usando la STL

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Descrizione verifica profitto :**

Prova scritta di verifica

**Testi di riferimento :**

Dispense del docente

---

**C.I. DI FISICA SUPERIORE**

---

**Indirizzo formativo:** Astronomia

**Commissione di profitto:**

---

**FISICA SUPERIORE (MOD. A)**

---

(Titolare: Prof. MASSIMILIANO GUZZO)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 32A; 4,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia

**Obiettivi formativi :**

Apprendimento di elementi di equazioni differenziali per lo studio di problemi classici della fisica.

**Metodi didattici :**

Lezioni in aula.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Equazioni differenziali ordinarie, problemi di stabilità: stabilità di punti di equilibrio, stabilità in sistemi integrabili e non integrabili, esponenti di Lyapunov.

Equazioni alle derivate parziali, problemi classici della fisica: equazioni lineari del primo e del secondo ordine, equazione di D'Alembert, equazione del calore, soluzioni per serie di Fourier, metodo di separ, equazione delle variabili, separazione in variabili polari e sferiche, esempi dalla fisica.

Funzioni speciali e loro uso in problemi di equazioni differenziali: funzione di Bessel, polinomi di Legendre, armoniche sferiche.

**Struttura della verifica di profitto :**

Da definire

**Ausili didattici :**

Dispense distribuite dal docente

---

**FISICA SUPERIORE (MOD. B)**

---

(Titolare: Prof. ARMANDO-FRANCESCO BORGHESANI)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia

**Aule :** C

**Prerequisiti :**

Struttura della Materia, Istituzioni di Fisica Quantistica, Istituzioni di Relatività

**Propedeuticità' :**

Struttura della Materia, Istituzioni di Fisica Quantistica, Istituzioni di Relatività

**Obiettivi formativi :**

Il corso è un completamento dell'insegnamento di Struttura della Materia impartito al III anno della Laurea in Astronomia. Il corso si propone di introdurre la fenomenologia della fisica Atomica, Molecolare e Nucleare e di dare una descrizione di queste strutture e dei processi correlati in termini della visione ondulatoria della Meccanica Quantistica.

**Metodi didattici :**

Lezione frontale

**Contenuto dell'attività formativa :**

Argomenti trattati nel corso sono:

Momento Angolare, Equazione di Schroedinger in 3 dimensioni, l'atomo di H, interazione degli elettroni col campo elettromagnetico, effetto Zeeman, interazione di spin-orbita. Teoria delle perturbazioni. Particelle identiche. Bosoni e fermioni.

Atomi a più elettroni, trattazione formale dell'atomo di He. Discussione della struttura degli atomi. Spettri molecolari. Il legame chimico: struttura dello ione molecolare  $H_2^+$  e della molecola  $H_2$ . Elementi di teoria dello scattering. Elementi di Meccanica Statistica Quantistica. Elementi di struttura del nucleo. Modello a goccia e a gas di fermi. Radioattività: decadimento beta e teoria di Fermi. Elementi di fissione e fusione nucleare.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

esame orale tradizionale

**Testi di riferimento :**

A.F.Borghesani - *Introduzione alla struttura della Materia*, Ed. Libreria Progetto

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

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

P. Gasiorowicz, «*Quantum Physics*» (Wiley)

**Ausili didattici :**

<http://www.padova.infm.it/borghesani>

## FISICA DEI PIANETI

---

(Titolare: Prof. VITTORIO VANZANI)

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Astronomia

**Commissione di profitto:** Prof. VANZANI VITTORIO (POF) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia

**Aule :** Aula C

**Prerequisiti :**

Fisica generale, Struttura della materia

**Propedeuticità' :**

Nessuna

**Obiettivi formativi :**

Il corso intende fornire le conoscenze di base per la comprensione dei pianeti del sistema solare e dei pianeti extrasolari. E' indirizzato ai fondamenti fisici delle scienze planetarie e, come tale, si propone di cogliere le profonde connessioni esistenti tra le proprietà microfisiche della materia ordinaria aggregata e quelle su grande scala delle strutture planetarie.

**Metodi didattici :**

Lezioni frontali

**Contenuto dell'attività formativa :**

Programma del corso Fisica dei Pianeti

*Introduzione alla Scienza dei sistemi planetari. Pianeti del Sistema Solare e pianeti extrasolari. Perché si formano sistemi planetari attorno a stelle. Osservazioni e proprietà dei dischi circumstellari, dei dischi protoplanetari e dei "debris disks. Metodi di rilevazione di pianeti extrasolari: metodo della velocità radiale o della spettroscopia Doppler; metodo astrometrico; metodo dei transiti; metodo delle microlenti gravitazionali. Metodi di rilevazione diretta e progetti futuri. Caratteristiche dei sistemi planetari extrasolari conosciuti: distribuzione in massa, in semiasse maggiore, in eccentricità. Prime informazioni su atmosfere di pianeti extrasolari.*

*Introduzione alla dinamica ed evoluzione di sistemi stelle-pianeti. Orbite baricentriche per un sistema stella-pianeti. Moto baricentrico della stella in termini delle variabili astrocentriche dei pianeti, e determinazione dei parametri orbitali planetari dalle curve di velocità radiale della stella. Evoluzione dinamica dei sistemi planetari. Migrazione planetaria nei dischi di gas; migrazione nei dischi di planetesimi. Evoluzione in risonanze orbitali. Stabilità dei sistemi planetari.*

*Il sistema solare nel contesto dei sistemi planetari extrasolari. Analisi comparativa dei dati d'osservazione dinamici e fisici dei pianeti solari, e confronto coi parametri dei pianeti extrasolari conosciuti. Il modello standard di formazione dei pianeti terrestri, dei pianeti giganti e dei loro sistemi satellitari, della fascia principale degli asteroidi, e origine degli oggetti transnettuniani. Evoluzione dinamica primitiva del sistema solare esterno, ed evidenze di migrazione planetaria nella struttura dinamica della fascia di Kuiper. Evoluzione secolare delle orbite planetarie. Evoluzione delle obliquità, e ruolo della Luna nello stabilizzare l'obliquità della Terra.*

*Introduzione alla fisica dell'interno dei pianeti. Bilancio meccanico. Stima delle pressioni e temperature interne. Metallizzazione interna indotta dall'autocompressione gravitazionale nei pianeti giganti, pressione del gas degenero di elettroni ed effetti delle interazioni coulombiane. Modelli di struttura interna dei pianeti giganti. Modello sismologico per l'interno della Terra; profili delle velocità delle onde sismiche; profili della densità, pressione e gravità interne. Struttura interna della Terra, e di altri pianeti terrestri. Elementi di fisica delle atmosfere planetarie.*

*Condizioni fisiche che rendono un ambiente planetario adatto alla vita. Range di variabilità dei parametri fisici in un ambiente planetario adatto all'insorgere e allo sviluppo della vita. Condizioni per la quasi stabilità dinamica di un pianeta, e per la quasi stabilità termo-fisica dell'ambiente planetario. Effetti della presenza di pianeti giganti esterni per la riduzione del bombardamento da comete sul pianeta candidato alla vita; effetti della presenza di un satellite di massa relativamente grande per la quasi stabilità dell'obliquità e quindi del clima del pianeta. Zone abitabili circumstellari.*

Contents of the course Physics of Planets.

*Introduction to the Science of planetary systems. Solar System planets and extrasolar planets. Why do planetary systems form around stars. Observations and properties of circumstellar disks, protoplanetary disks and debris disks. Detection methods of extrasolar planets: radial velocity or Doppler-spectroscopy method; astrometry; transits; gravitational microlensing. Direct detection and future projects. Characteristics of the known extrasolar planetary systems: mass, semi-major axis, eccentricity distributions. First data on extrasolar planets atmospheres.*

*Introduction to the Dynamics and evolution of stars-planets systems. Barycentric orbits of a star-planets system. Barycentric motion of the star in terms of the astrocentric planetary variables, and determination of the orbital planetary parameters. Dynamical evolution of planetary systems. Planetary migration in gaseous disks; migration in planetesimal disks. Resonant evolution. Planetary system stability.*

The solar system in the context of extrasolar planetary systems. Dynamical and physical data of solar planets, and comparison with parameters of extrasolar planets. The standard model of solar system formation. Early dynamical evolution of the outer solar system, and evidence of Neptune migration in the dynamical structure of the Kuiper belt. Secular evolution of planetary orbits. Evolution of planetary obliquities, and role of the Moon in stabilizing the Earth's obliquity.

Introduction to the interior of planets. Mechanical balance. Interior pressures and temperatures. Pressure metallization, degenerate electron gas pressure and coulomb interaction effects in giant planets. Models of the interior structure of giant planets. Seismological model and interior structure of the Earth. Elements of physics of planetary atmospheres.

Physical conditions for planetary habitability. Conditions for the dynamical quasi-stability of a planet, and the thermo-physical quasi-stability of the planetary environment. Circumstellar habitable zones. Planetary environmental signatures for habitability and life.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Interrogazione sui contenuti del corso

**Testi di riferimento :**

Testi di riferimento

De Pater, J. J. Lissauer: *Planetary Science*, Cambridge University Press, 2001.

B. Bertotti, P. Farinella, D. Vokrouhlicky: *Physics of the Solar System, Dynamics and Evolution, Space Physics and Spacetime Structure*, Kluwer Academic press, 2003.

R. Dvorak, *Extrasolar Planets : formation, detection and dynamics*, WILEY-VCH Verlag, 2008.

J W..Mason, *Exoplanets : Detection, Formation, Properties, Habitability*, Praxis Publishing, 2008.

M.Olivier, Thérèse Encrenaz, F.Roques, F.Selsis, F.Casoli, *Planetary Systems : Detection, Formation and Habitability of Extrasolar Planets*, Springer-Verlag, 2009.

**Ausili didattici :**

V. Vanzani: *Fisica dei Pianeti*, dispense

## FISICA DELLA GRAVITAZIONE

(Titolare: Prof. LUIGI ENRICO SECCO)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Astronomia

**Commissione di profitto:** Prof. SECCO LUIGI ENRICO (PrCr) - Presidente  
Prof. BARBARO GUIDO (PrCr) - Membro  
Prof. SECCO LUIGI ENRICO (PrCr) - Membro  
Dott. CAIMMI ROBERTO (RuC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia

**Aule :** C

**Prerequisiti :**

Elementi basilari di Astrofisica, Struttura della Materia, Istituzioni di Fisica Teorica

**Propedeuticità' :**

Corsi Fondamentali di Astrofisica, Struttura della Materia, Istituzioni di Fisica Teorica

**Obiettivi formativi :**

Formazione e virializzazione delle galassie entro il quadro cosmologico; modelli a due componenti con il viriale tensore; il Piano Fondamentale.

**Metodi didattici :**

Lezioni Frontali

**Contenuto dell'attività formativa :**

Breve storia del decentramento del sito della Vita e nascita della cosmologia moderna. I Principi cosmologici; le equazioni di Einstein (per analogia), la metrica di Robertson-Walker. La soluzione di Einstein e quella di de Sitter. Fasi cruciali dell'evoluzione cosmologica; strutturazione a livello micro- e macro-scopico, funzionali l'una all'altra; l'instabilità di Jeans ed il ruolo della dark matter; collasso sferico di una perturbazione. Il punto di vista termodinamico: entropia ed informazione; meccanismo di rilassamento violento nello spazio delle fasi: statistica di Lynden-Bell, Shu, Kull -Treuermann & Boehringer, Nakamura ; Landau-damping e virializzazione. Il tensore degli stress e le anisotropie delle velocità peculiari nella dinamica dei sistemi stellari. Il teorema del viriale nella forma tensoriale per un sistema ad una e a due componenti dedotto dall'equazione di Eulero e dall'equazione di Boltzmann. Applicazione al diagramma  $V_{rot}/\sigma$  per le galassie ellittiche. Aloni oscuri virializzati: i profili generalizzati di Zhao. Il Piano Fondamentale delle galassie e problematiche connesse. Cenno al metapiano cosmico.

Struttura della nostra Galassia come spirale tipica. Il problema del momento angolare e la teoria di S.White. Nube di Oort e fascia di abitabilità nella Galassia.

**Struttura della verifica di profitto :**

Da definire

**Descrizione verifica profitto :**

L'esame può essere svolto discutendo una tesina di approfondimento di argomenti del corso, da concordare con il docente.

**Testi di riferimento :**

L.Secco:Fisica della Gravitazione, dispense.

J.Binney, S. Tremaine: *Galactic Dynamics*, 1987, ed.Princ.Univ.Press.

G.Bertin: *Dynamics of Galaxies*, 2000, Cambridge Univ.Press.

S.Chandrasekhar: *Ellipsoidal Figures of Equilibrium*, 1969, ed. Dover Publ.Inc. New York.

P.Coles, F. Lucchin: *Cosmology-The origin and evolution of Cosmic Structure*, 1995, John Wiley & Sons.

**Ausili didattici :**

L.Secco: *The Fundamental Plane as a consequence of Clausius' virial minimum*, *New Astr.*, 2001, 6, 339.

L.Secco: *On Mechanics and thermodynamics of a stellar galaxy in a two-component virial system and the Fundamental Plane*, *New Astr.*, 2005.

Bindoni D., Secco L. : *Violent relaxation in phase-space*. *New Astronomy Reviews*. vol. 52, pp. 1-18, 2008.

## FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI

---

(Titolare: Dott. ROBERTO ONOFRIO)

**Periodo:** I anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Prof. Busetto Giovanni (PO) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** da definire

**Prerequisiti :**

Elementi di fisica teorica

**Obiettivi formativi :**

Elementi di base a carattere fenomenologico e sperimentale della fisica subnucleare

**Metodi didattici :**

Lezioni teoriche ed esercizi in aula

**Contenuto dell'attività formativa :**

o Introduzione alla fisica delle particelle elementari. La scoperta delle particelle fondamentali e delle loro interazioni, classificazione delle particelle in adroni, leptoni e bosoni vettori intermedi. Elettrone, protone, neutrone, nuclidi, energia di legame nei nuclei e processi di decadimento alfa, beta, gamma. Fissione e fusione nucleare. Le interazioni tra particelle e tra particelle e materia, processi di diffusione, sezioni d'urto e vite medie, interazioni delle particelle cariche con la materia. La scoperta del positrone, del muone e del pione.

o Interazioni forti. Modello di Yukawa, mesoni, barioni, risonanze mesoniche e barioniche, classificazione con simmetrie unitarie e modello a quark. I quarks come componenti dinamici dei nucleoni, fattori di forma, modello a partoni. Elementi di meccanica quantistica relativistica e di teoria dei campi: equazione di Dirac, teorie di campo, rinormalizzazione, teorie di gauge, cromodinamica quantistica, il problema del confinamento e la libertà asintotica.

o Interazioni deboli. Le famiglie di leptoni e dei quark. Decadimento beta, decadimenti degli adroni, mescolamento dei quarks e matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa. Modello V-A delle interazioni deboli e fenomenologia dei neutrini. Rottura spontanea della simmetria di gauge e modello di Glashow-Weinberg-Salam. Correnti deboli neutre e bosoni vettori intermedi. Correzioni radiative al modello elettrodebole e fisica di LEP. Bosone di Higgs e sua ricerca ad LHC.

o Oltre il modello standard. Teorie di grande unificazione. Decadimento del protone, astrofisica dei neutrini, mescolamento dei neutrini e matrice di Pontecorvo-Maki-Nakagawa-Sakata.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

**Testi di riferimento :**

Alessandro Bettini, *Introduction to Elementary Particle Physics*, Cambridge University Press, 2008.

## FISICA SPAZIALE

---

(Titolare: Prof. PIERO BENVENUTI)

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Prof. BENVENUTI PIERO (PO) - Presidente  
Prof. FRANCESCHINI ALBERTO (PO) - Membro

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Department of Astronomy  
**Aule :** TBD

**Prerequisiti :**

Knowledge of Mathematics and Physics of Laurea Breve (Master) including structure of the Matter

**Obiettivi formativi :**

The course is aimed at providing the student with a basic knowledge of the physics of plasma with particular attention to the astrophysical plasmas.

**Metodi didattici :**

lezioni frontali

**Contenuto dell'attività formativa :**

1. Definition of plasma – Plasmas in astrophysics – Observational data – Different theoretical approaches.



2. Single particle motion – Trapped particles – Conservation relations.
3. Recalls of dynamics of fluids – Magnetohydrodynamics (MHD).
4. Waves in plasma fluids – Non linear steepening and shocks – Instabilities.
5. Collisions – Collisionless plasmas
6. Cosmic Rays – Fermi acceleration – Shock acceleration
7. Astrophysical dynamos
8. Magnetic reconnection
9. MHD flows in compact astrophysical objects

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Discussion of a short elaborate

**Testi di riferimento :**

1. C.J. Clarke & R.F. Carswell, *Principles of Astrophysical Fluid Dynamics*, Cambridge University Press
2. R.A. Treumann & W. Baumjohann, *Basic Space Plasma Physics*, Imperial College Press
3. R.A. Treumann & W. Baumjohann, *Advanced Space Plasma Physics*, Imperial College Press

**Ausili didattici :**

Dispense del docente

---

## FORMAZIONE DELLE STRUTTURE COSMICHE

(Titolare: da definire) Insegnamento non attivato per l'a.a 2010/2011

**Periodo:** Il anno, annuale  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Prof. TORMEN GIUSEPPE (PaC) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** Aula C

**Prerequisiti :**

Cosmological Principle; Robertson-Walker metric; Friedmann equations; thermal history of the universe; Problems of the standard hot Big Bang model and inflationary solutions; Hydrogen recombination; Cosmic microwave background.

**Obiettivi formativi :**

Introduzione alla cosmologia sulle fasi non lineari dell'Universo

**Metodi didattici :**

Lezioni frontali

**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. Anisotropie del fondo cosmico di microonde. Funzione di massa.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

prova orale

**Testi di riferimento :**

Dispense del docente

**Ausili didattici :**

Dispense del docente

---

## LABORATORIO DI ASTROFISICA 1

(Titolare: Dott. ROBERTO RAGAZZONI)

**Periodo:** I anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Dott. RAGAZZONI ROBERTO (PrCr) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 36A+36L; 6,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** da definire

**Prerequisiti :**

Conoscenze di ottica geometrica e fisica

**Obiettivi formativi :**

Il corso si propone di portare gli studenti ad una conoscenza piu' approfondita dell'ottica astronomica.

**Metodi didattici :**

lezioni frontali e laboratorio

**Contenuto dell'attività formativa :**

Elementi di ottica attiva ed adattiva. La PSF ed il seeing astronomico. Strumenti per le osservazioni a grande campo ed ad alta risoluzione

Aberrazioni e test delle superfici ottiche.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Discussione sul programma

**Testi di riferimento :**

dispense fornite dal docente

---

## LABORATORIO DI ASTROFISICA 2

(Titolare: da definire) Insegnamento non attivato per l'a.a 2010/2011

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Astronomia

**Commissione di profitto:** Prof. PIOTTO GIAMPAOLO (PO) - Presidente  
Dott. AL MOMANY YAZAN (ALTR) - Membro  
Dott. MONTALTO MARCO (ALTR) - Membro  
Dott. VILLANOVA SANDRO (ALTR) - Membro  
Prof. PIOTTO GIAMPAOLO (PO) - Membro

**Tipologie didattiche:** 36A+36L; 6,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia

**Aule :** da definire

**Prerequisiti :**

Elementi di informatica

**Obiettivi formativi :**

Obiettivo principale del corso e' quello di mettere gli studenti a contatto con le piu' moderne tecniche di osservazione astronomiche e con le tecniche di analisi di immagini ottiche ed infrarosse sia attraverso lezioni teoriche che attraverso esperienze pratiche in laboratorio di informatica.

**Metodi didattici :**

Lezioni frontali

Lezioni in laboratorio

**Contenuto dell'attivita' formativa :**

LEZIONI TEORICHE

Osservazioni astronomiche. Archiviazioni informazioni e dati astronomici. Accesso alle informazioni astronomiche via rete. Principali archivi dati.

Cenni su strumentazione per osservazioni: gamma, X, UV-ottico, Vicino Infrarosso, raggi cosmici, neutrini, onde gravitazionali.

CCD: descrizione tecnica. Osservazioni astronomiche 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 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.

ESPERIENZA IN LABORATORIO

Preriduzione immagini astronomiche;

Fotometria stellare in campi affollati;

calibrazione fotometrica; produzione di diagrammi colore magnitudine e loro interpretazione.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

La verifica di profitto consiste nella discussione della relazione scritta sull'esperienza di laboratorio e in un esame orale sulle tecniche di osservazione e riduzione dati.

**Testi di riferimento :**

Dispense del docente

**Ausili didattici :**

Dispense del docente.

Manuali IRAF, DAOPHOT, SM (SUPERMONGO)

---

## MANAGEMENT DI PROGETTI SCIENTIFICI

(Titolare: da definire) Insegnamento non attivato per l'a.a 2010/2011

**Periodo:** Il anno, annuale

**Indirizzo formativo:** Astronomia

**Commissione di profitto:** Prof. BERNACCA PIERLUIGI (PaC) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 24A; 3,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia

**Aule :** da definire

**Obiettivi formativi :**

*Il corso si propone di dare gli elementi di base delle metodologie di progettazione di missioni spaziali*

**Metodi didattici :**

Lezioni frontali

**Contenuto dell'attività formativa :**

*Le metodologie utilizzate secondo standard europei per definire, progettare, realizzare ed operare strumentazione complessa vengono descritte ed esemplificate tramite grandi progetti spaziali di interesse per l'Astronomia*

*Un progetto viene dapprima concepito dagli scienziati in funzione degli scopi che ci si prefigge, dopodiché viene sottoposto a studi ingegneristici, di solito nelle Industrie Spaziali ma anche in Istituti Universitari, per stabilire la sua fattibilità sia dal punto di vista costruttivo sia per la scelta dell'orbita dove lanciarlo. Importante è il costo del progetto che va valutato. Si passa poi a stabilire in dettaglio come costruire gli strumenti di bordo e la carrozza (veicolo spaziale) che fornirà l'energia ed il controllo dell'intero satellite (carrozza + strumentazione). Viene scelto il lanciatore. Segue la costruzione del satellite e delle sue componenti che vengono assemblate. Infine il lancio e le operazioni in orbita. Infine le informazioni raccolte vengono analizzate.*

Quanto detto sopra è spiegato in modo più tecnico mediante le fasi attraverso le quali si realizza un grosso progetto:

- identificazione degli scopi del progetto
- definizione del progetto
- studio di fattibilità del progetto, della sua evoluzione temporale ed analisi di massima dei costi
- individuazione delle specifiche del sistema progetto
- individuazione delle specifiche dei sottosistemi del progetto
- definizione del piano di sviluppo tecnico e temporale, dei modelli intermedi, del piano di verifica e dei costi, della struttura manageriale nonché valutazione dei rischi del progetto
- procedure dell'appalto del progetto da parte dell'ente finanziatore
- procurement, controllo di qualità ed assicurazione del prodotto
- realizzazione delle parti (sottosistemi) del progetto (sistema)
- esecuzione delle prove di verifica dei sottosistemi e del sistema
- controllo dello sviluppo tecnico, dello sviluppo temporale e dei costi del progetto
- integrazione del sistema
- realizzazione della unità operativa del progetto
- calibrazione del sistema e dei sottosistemi dell'unità operativa
- utilizzo dell'unità operativa per gli scopi del progetto
- analisi dell'informazione (dati scientifici e ancillari) fornita dall'unità operativa

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Discussione sul programma

**Testi di riferimento :**

Dispense del docente

---

## MECCANICA CELESTE

(Titolare: Dott. STEFANO CASOTTO)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Astronomia

**Commissione di profitto:** Prof. BERNACCA PIERLUIGI (PaC) - Presidente

Prof. BERNACCA PIERLUIGI (PaC) - Membro

Prof. BARBIERI CESARE (PO) - Membro

Dott. CASOTTO STEFANO (RuC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia

**Aule :** da definire

**Prerequisiti :**

*Knowledge of multivariate functions, their derivation and integration. Series expansion. Laws of dynamics. differential equations, matrix algebra. Scalar and vectorial quantities and their functions*

**Obiettivi formativi :**

*Short ascertainings after a group of lectures with record of the results. Final examination via presentation of a written original brief dissertation on a topic chosen by the student + peer review of one set of lectures chosen by the student + interrogation on a subject chosen by the committee. Alternatively peer review of 3 sets of lectures chosen by the student + interrogation on a subject chosen by the committee.*

**Metodi didattici :**

Lezioni frontali

**Contenuto dell'attività formativa :**

1.- The gravitational field of a continuous mass distribution. Equations of Poisson and Laplace

2.- Solution of Laplace equation in polar coordinates. Legendre polynomials and associate functions. Properties and physical meaning of spherical harmonics.

- 3.- Two-bodies keplerian motion: Integrals, trajectories (orbits), Kepler's equation
- 4.- Elliptic and hyperbolic orbits: geometrical properties, solution of Kepler's equation, the equation of the center
- 5.- Keplerian orbits in Space: reference frames, osculating orbital elements, orbit and status vector restitution
- 6.- Perturbations to orbit's dynamics: definitive orbit, Gauss equations, orbital maneuvering
- 7.- Hohman interplanetary transfer: departure and arrival, gravity assist trajectories
- 8.- Rocket equation, multistage launchers
- 9.- Lagrange equations of orbit's perturbations: derivation from Gauss equations, general solution, first order solutions and their utilization for orbit's selection.
- 10.- Third body perturbations, sphere of influence
- 11.- The problems of N-bodies
- 12.- Restricted 3-body problem: Jacoby integral, points of librations, departure from the points of librations, Lagrange solution, the Copenhagen problem
- 13.- Earth-Moon transfer

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Discussione sul programma

**Testi di riferimento :**

1. The motion of the satellite (Cnes, Toulouse Summer School '83), Cepadues-Editions, Toulouse, France
2. Orbital motion (Roy), Adam Hilger BRISTO/Philadelphia/NewYork

**Ausili didattici :**

Dispense del docente

---

## POPOLAZIONI STELLARI

(Titolare: Prof. ANTONIO BIANCHINI)

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Prof. ORTOLANI SERGIO (PO) - Presidente  
 Prof. CORSINI ENRICO MARIA (PA) - Membro  
 Prof.ssa MARIGO PAOLA (PA) - Membro  
 Prof. BIANCHINI ANTONIO (PaC) - Membro  
 Prof. BARBON ROBERTO (PO) - Membro

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia  
**Aule :** Aula C

**Prerequisiti :**

Nozioni di fisica e di astronomia come dal percorso previsto per la laurea triennale in astronomia o equivalente

**Obiettivi formativi :**

Studio delle popolazioni stellari galattiche, metodi osservativi, risultati. Le popolazioni stellari nel contesto dell'evoluzione galattica.

**Metodi didattici :**

lezioni frontali

**Contenuto dell'attivita' formativa :**

Parte prima (prof. Ortolani)

Origine del concetto di popolazione stellare. Il modello di formazione della galassia di Eggen, Lynden-Bell e Sandage. I diagrammi cmd delle popolazioni evolute: trasformazioni dal piano

teorico a quello osservativo. Trasformazioni luminosita'- magnitudine visuale e temperatura-indice di colore. Effetti del reddening sui cmd. Effetti di secondo ordine. Il reddening in sistemi fotometrici non standard.

Cenni alla natura della materia interstellare in prossimita' del Sole, la "local bubble": origine ed implicazione.

Misure di eta' della popolazione II. Il modello di Searle e Zinn di alone galattico.

Il disco galattico da osservazioni del mezzo interstellare e da conteggi stellari.

Leggi di distribuzione di densita' delle stelle di disco e di altre componenti delle popolazioni stellari nella galassia. Il disco sottile e il disco spesso. Popolazione di campo del disco stellare ed ammassi aperti.

Cenni alle misure di elio nelle popolazioni stellari.

Parte seconda (prof. Barbon)

Spettri sintetici delle popolazioni stellari.

La funzione iniziale di massa.

Proprieta' delle singole popolazioni stellari integrate.  
Concetti di base di evoluzione chimica della galassia.  
Modelli per i dintorni del Sole.  
Il tasso di formazione stellare.

Le proprieta' delle polveri del mezzo interstellare, la curva di estinzione del mezzo interstellare. Temperatura dei grani.

Proprieta' generali delle supernovae, classificazione, proprieta' fotometriche, indicatori di distanza e determinazione della costante di Hubble con le supernovae. Cenni al meccanismo di esplosione e ai progenitori.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

colloquio

**Testi di riferimento :**

dispense del docente

**Ausili didattici :**

fotocopie articoli specifici

Letture:

Scheffler H., Elsasser H., *Physics of the Galaxy and Interstellar matter*, Springer-Verlag  
Burton WB, Elmegreen BG, Genzel R., *The galactic interstellar medium*, Springer-Verlag

---

## PROVA FINALE

(Titolare: da definire) Insegnamento non attivato per l'a.a 2010/2011

**Periodo:** Il anno, annuale

**Indirizzo formativo:** Astronomia

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** ; 40,00 CFU

---

## RELATIVITÀ GENERALE

(Titolare: Prof. GIUSEPPE TORMEN)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Astronomia

**Commissione di profitto:** Prof. TORMEN GIUSEPPE (PaC) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Astronomia

**Aule :** Aula C

**Prerequisiti :**

Special Relativity

**Propedeuticità' :**

Corsi di Cosmologia e di Astrofisica Relativistica

**Obiettivi formativi :**

Informazioni in lingua non trovate

**Metodi didattici :**

Informazioni in lingua non trovate

**Contenuto dell'attività formativa :**

1. Four-vectors; Lorentz transformations; tensors. Classic Field theory

2. Curvatures: derivatives, parallel transport, connections, geodesic equation, geodesic deviation equation, their Newtonian limit

3. Einstein's equations

4. Schwarzschild solution and its orbits

5. Robertson Walker metric and Friedman universes.

6. Monographic topics to be decided

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Informazioni in lingua non trovate

**Testi di riferimento :**

Hartle J.B.: *Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity*

**Ausili didattici :**

Informazioni in lingua non trovate

# SPETTROSCOPIA ASTRONOMICA

(Titolare: Prof. PIERO RAFANELLI)

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Prof. RAFANELLI PIERO (PO) - Presidente  
Dott. DI MILLE FRANCESCO (ALTR) - Membro  
Prof. BARBON ROBERTO (PO) - Membro  
Prof. RAFANELLI PIERO (PO) - Membro  
Dott. CIROI STEFANO (RuC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento:** Dipartimento Astronomia  
**Aule:** da definire

## Prerequisiti:

Fisica 1 e 2, Struttura della Materia

## Obiettivi formativi:

Acquisizione e approfondimento dei concetti Fisici indispensabili per lo studio delle Nebulose Gassose

## Metodi didattici:

Lezioni frontali con esercizi

## Contenuto dell'attività formativa:

Radiazione nel gas interstellare:

Definizione dei termini radiativi. Equazione del trasporto. Equilibrio termodinamico locale. Equilibrio termodinamico equivalente

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 ricombinazione. 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. Parametri di stato delle regioni HII.

## Struttura della verifica di profitto:

Orale

## Descrizione verifica profitto:

Discussione sul programma del corso

## Testi di riferimento:

D. E. Osterbrock, «Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei». Spitzer L. Jr., «Physical processes in the Interstellar Medium».

## Ausili didattici:

dispense del docente

# TEORIA DELLE ORBITE

(Titolare: da definire) Insegnamento non attivato per l'a.a 2010/2011

**Periodo:** Il anno, annuale  
**Indirizzo formativo:** Astronomia  
**Commissione di profitto:** Prof. BERNACCA PIERLUIGI (PaC) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento:** Dipartimento di Astronomia  
**Aule:** da definire

## Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire gli elementi di base per il calcolo delle orbite di un satellite.

## Metodi didattici:

Lezioni frontali

## Contenuto dell'attività formativa:

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. 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 ellissoidi, 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. Il corso prevede esercizi di calcolo presso il laboratorio informatico.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Discussione sul programma del corso

**Testi di riferimento :**

Dispense del docente