



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

SCUOLA DI SCIENZE

Bollettino Notiziario

Anno Accademico 2013/2014

**Laurea magistrale in Astronomia (Ord.
2010)**

Curriculum: Corsi comuni

Curriculum: AstroMundus

ASTRONOMICAL SPECTROSCOPY

(Titolare: Prof. PIERO RAFANELLI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Astronomia (Ord. 2010)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: AstroMundus
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia
Aule: da definire

Prerequisiti:

Conoscenza dell'inglese scientifico e degli strumenti informatici.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Physics of gaseous nebulae and AGN

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

frontal lectures

Contenuti:

- Caratteristiche dello spettro a righe di emissione di: Nebulose gassose - Nebulose diffuse - Nebulose planetarie - Novae ~ Supernova remnants- Regioni HII extragalattiche- Galassie di Seyfert di tipo I e 2 - QSO's - Starburst galactic nuclei - Liners.

- Eccitazione radiativa, Ionizzazione, Ricombinazione, Fluorescenza: la sfera di Stromgren - Emissione free-free e Bremsstrahlung - Equazione della ionizzazione per atomi complessi - ricombinazione dielettronica - Ionizzazione per collisione - Scambio di carica - Campi di radiazione stellare nel lontano ultravioletto - La fluorescenza di Bowen nello OIII e nello NIII.

- Equilibrio di fotoionizzazione: Fotoionizzazione di una nebula di solo Idrogeno -Fotoionizzazione di una nebula contenente Idrogeno ed Elio - Fotoionizzazione da He+ ad He++

- Equilibrio termico - Aumento di energia per fotoionizzazione - Perdita di energia per ricombinazione - Perdita di energia per radiazione free-free - Perdita di energia da radiazione in righe eccitate collisionalmente - Perdita di energia per eccitazione collisionale dell'Idrogeno.

Calcolo dello spettro Emesso: Righe di ricombinazione - Radiazione nel continuo - Righe e continuo nel dominio radio - Probabilità di fuga di un fotone emesso in una nebula sferica ed omogenea - Effetti di trasporto radiativo nello H1 - Effetti di trasporto radiativo nello He1 ed He11 - Eccitazione collisionale dello He1.

- Fenomeni correlati alla presenza di polveri: Effetto di estinzione prodotto dalla polvere - Polvere e spettro infrarosso di Nebulae, Galassie di Seyfert etc. - Temperatura e bilancio energetico della polvere - Osservazioni infrarosse, ottiche e ultraviolette di Nebulae, Galassie di Seyfert etc. - Proprietà dei grani di polvere (rapporto polvere gas, polarizzazione lineare, variazione del rapporto $R = A_E(B-V)$) - Confronto fra le proprietà del mezzo interstellare della nostra galassia e quelle di altre galassie.

- Confronto della Teoria con le osservazioni: Misure di temperatura dalle righe di emissione - Determinazione della temperatura dal continuo ottico e da quello radio - Densità elettronica dalle righe di emissione - Temperature elettroniche e densità elettroniche dalle righe di ricombinazione radio - Radiazione ionizzante di tipo termico e non termico - Abbondanza degli elementi nelle nebulae da righe di ricombinazione e proibite.

Criteri di valutazione:

solution of practical problems using the concepts acquired during the course

Testi di riferimento:

- D.E. Osterbrock, "Astrophysics of Gaseous Nebulae"
- L. Spitzer Jr, "Physical processes in the Interstellar Medium"

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Lecture Notes

ASTROPHYSICS OF GALAXIES

(Titolare: Prof. GIUSEPPE GALLETTA)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: AstroMundus
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Astronomia
Aule : L'aula verrà comunicata sul sito di Astronomia

Conoscenze e abilità da acquisire :

The course is a deeper view of the arguments faced in the previous courses on galaxies, dealing with morphology, photometry dynamics and interaction with the environment.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lectures using PowerPoint presentations.

Contenuti :

Inside the luminosity distribution of galaxies.

Surface brightness laws in 2-D and 3-D. Freeman, De Vaucouleurs and Sersic laws. Theoretical relations between main luminosity parameters (effective radius, scale length, slope, effective and total magnitudes) . Deduction of the main parameters from the observations. Fit of a composite luminosity profiles with simple software (IRAF, Mathematica routines).

Galaxies in 3-D.

The tridimensional shape of galaxies. Statistical methods. Inclination of a galaxy: principal planes and methods to find inclination and line of the nodes. Polar ring and other reference planes. Twisting of the isophotes. 3D distribution: Exponential and Young density profiles.

Observing at other wavelengths.

HI and CO lines. Observing techniques in our and other galaxies. Forbidden lines, roto-vibrational bands. The molecular universe: detection of complex molecules. The role of Sub-millimetric telescopes and ALMA. Hot stars and the GALEX view of galaxies. Mining in astronomical archives. Web astronomy.

Motions in the milky Way.

Velocity ellipsoid near the Sun. Methods and applications: compute the orbit for a nearby star in the galactic potential. Tracers of spiral structure. Oort formulae.

The global dynamics of a galaxy: Stars and gas.

Asymmetric drift, anisotropy in the velocity dispersion ellipsoids. Observable effects of the anisotropy and of the influence of the velocity dispersion on galaxy spectra.

Non isotropic local and global dynamics.

Bars, rings, polar and inclined disks. Theories and stability of these galactic structures: epicyclic motions, tumbling and streaming motions in elongated potentials. Anomalous orbits. Observations of bars at different wavelengths.

Galaxy interactions.

Close encounters and mergers. Effects on the galaxy shapes, star formation, structure. Inclined and polar rings as effects of merging and capture. The gas-star counterrotation. Mass in the rings. Optical, HI and CO observations. Origin of inclined rings.

Criteri di valutazione :

Oral discussion and exercises.

Testi di riferimento :

- Steve Phillipps, *The Structure and Evolution of Galaxies*, 2005, John Wiley & Sons, L.td., ISBN: 978-0-470-85507-2

- James Binney and Scott Tremaine, *Galaxy Dynamics*, Princeton University Press, ISBN: 9780691130279

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Various photocopies from scientific papers and books.

CELESTIAL MECHANICS

(Titolare: Dott. STEFANO CASOTTO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Astronomia (Ord. 2010)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: AstroMundus
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

COSMOLOGY

(Titolare: Prof. ALBERTO FRANCESCHINI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Astronomia (Ord. 2010)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: AstroMundus
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

GALAXY DYNAMICS

(Titolare: Prof. LUIGI ENRICO SECCO)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: AstroMundus
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Astronomia
Aule : A

Prerequisiti :

Conoscenza dell'inglese scientifico. Elementi basilari di Astrofisica, struttura della Materia, Istituzioni di Fisica Teorica.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Formazione e virializzazione delle galassie entro il quadro cosmologico.

Il meccanismo di rilassamento violento e di Landau damping.

Il piano fondamentale delle galassie. Il metapiano cosmico.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali

Contenuti :

Il contesto cosmologico: 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 di densità.

Strutture su scale di massa delle galassie in uno scenario CDM e loro fasi prima della virializzazione.

Il punto di vista termodinamico: entropia ed informazione; meccanismo di rilassamento violento nello spazio delle fasi: statistica di Lynden-Bell, Shu, Kull -Tremann & 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}/σ per le galassie ellittiche. Aloni oscuri virializzati: i profili generalizzati di Zhao. Il Piano Fondamentale delle galassie e problematiche connesse.

Il metapiano cosmico.

Criteri di valutazione :

Esame tradizionale orale. E' anche possibile: due test scritti durante il corso più una discussione orale finale.

Testi di riferimento :

L.Secco, D. Bindoni, *Galaxy Dynamics*, 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.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

BINDONI D, SECCO L. (2008). Violent relaxation in phase-space. *NEW ASTRONOMY REVIEWS*, vol. 52; p. 1-18, ISSN: 1387-6473.

D'ONOFRIO M, VALENTINUZZI T, SECCO L., CAIMMI R, BINDONI D (2006). Toward understanding the origin of the fundamental plane for early-type galaxies. *NEW ASTRONOMY REVIEWS*, vol. 50; p. 447-460, ISSN: 1387-6473.

SECCO L., BINDONI D (2009). On the tilt of Fundamental Plane by Clausius' virial maximum theory. *NEW ASTRONOMY*, vol. 14; p. 567-578, ISSN: 1384-1076

HIGH ENERGY ASTROPHYSICS

(Titolare: Prof. PIERO BENVENUTI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Astronomia (Ord. 2010)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: AstroMundus
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

PROVA FINALE

(Titolare: da definire)

Periodo: Il anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: AstroMundus
Tipologie didattiche: ; 30,00 CFU

STELLAR POPULATION

(Titolare: Prof. GIAMPAOLO PIOTTO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Astronomia (Ord. 2010)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: AstroMundus
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Astronomia
Aule : C

Prerequisiti :

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

dell'inglese scientifico.

Knowledge of the basis of physics and astronomy at the level of the Laurea in Astronomia. Basic knowledge of scientific english.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Proprietà delle popolazioni stellari e loro collocazione nella Galassia

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni in Aula

Contenuti :

The color magnitude diagrams: transformations luminosity-magnitude and temperature-color index. Effects of the interstellar reddening on the color-magnitude diagrams.

The concept of stellar populations: historical background.

Population II CM diagram. Measurement of age and metallicity.

Globular Clusters stellar populations

The helium content of the population II stars.

The Galactic model by Eggen, Lynden-Bell and Sandage.

The galactic halo model from Searle and Zinn.

The interstellar medium near to the Sun and the local bubble.

The population I and the galactic disk. Open clusters and field population.

Dwarf Galaxies.

The mass function.

Integrated properties of the stellar populations.

Star formation History in galaxies

Basic principles of the chemical evolution of the stellar populations.

The supernovae: classification, evolution, progenitors.

The use of the supernovae as indicator distances.

Criteri di valutazione :

Esame Orale

Testi di riferimento :

Note dalle lezioni

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Paper di letteratura proposti dal docente

THEORETICAL ASTROPHYSICS

(Titolare: Prof.ssa PAOLA MARIGO) - Mutuato da: Laurea in Astronomia

| | |
|---------------------------------|--|
| Periodo: | I anno, 2 semestre |
| Indirizzo formativo: | AstroMundus |
| Tipologie didattiche: | 48A; 6,00 CFU |
| Sede dell'insegnamento : | Dipartimento di Astronomia Vicolo dell'Osservatorio 3 35100 Padova |
| Aule : | Da definire |

Prerequisiti :

Conoscenza di inglese scientifico e di elementi di informatica.

Elementi di trigonometria piana, derivate, integrali, nozioni di base di fisica relative

ai corsi precedenti. Nozioni di chimica a livello di scuola superiore.

Conoscenze e abilità da acquisire :

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali, integrate con esercizi applicativi.

Contenuti :

1. Introduzione e panoramica del corso.

Vincoli osservativi, il diagramma H-R, relazioni massa-luminosità e massa-raggio, popolazioni stellari e abbondanze chimiche.

2. Idrostatica, energetica e scale di tempo.

Derivazione di tre equazioni della struttura stellare (conservazione di massa, quantità di moto ed energia). Equilibrio idrostatico e termico. Derivazione del teorema del viriale e le sue conseguenze per l'evoluzione stellare. Derivazione delle scale di tempo caratteristiche dell'evoluzione stellare.

3. Equazione di stato (EoS).

Equilibrio termodinamico locale.. Derivazione generale di n , U , P , dalla meccanica statistica. Casi limite: gas ideale, degenerazione.

Miscela di gas e radiazione. Processi adiabatici. Ionizzazione (equazione di Saha, conseguenze per le proprietà termodinamiche).

4. Trasporto di energia all'interno delle stelle.

La 4a equazione della struttura stellare: l'equazione del trasporto di energia.

Approssimazione diffusiva del trasporto di radiazione. Il gradiente di temperatura radiativo. Opacità. Luminosità di Eddington.

Convezione.: Derivazione di criteri di stabilità (Schwarzschild, Ledoux). Trasporto di energia convettivo. Teoria della Mixing Length.

5. Reazioni termonucleari.

Produzione di energia nucleare (energia di legame). Derivazione della velocità di reazione termonucleare (sezioni d'urto, effetto tunnel, picco di Gamow). Dipendenza dalla temperatura della velocità di reazione nucleare. Cicli di combustione: bruciamento dell'idrogeno

mediante la catena p-p e il ciclo CNO. Bruciamento dell'elio: reazioni 3-alfa e alfa + C. Reazioni di bruciamenti nucleari avanzati.

6. Le equazioni dell'evoluzione stellare.

Introduzione, derivate rispetto a tempo / spazio, casi limite. Condizioni al contorno e loro effetto sulla struttura stellare.

Metodi di soluzione.

7. Modelli stellari semplici.

Modelli politropici. Relazioni di omologia: principi, derivazione, applicazione alle fasi di contrazione gravitazionale e alla fase di sequenza principale. Stabilità di stelle: derivazione di criteri semplificati per la stabilità dinamica e secolare.

8. Evoluzione schematica dal teorema del viriale (VT).

Evoluzione delle regioni centrali della stella combinando il VT ed EOS: tracce evoluzione in termini di (P, ρ) e (T, ρ) . Evoluzione o meno verso la condizione di degenerazione del gas. La massa di Chandrasekhar, stelle di piccola massa vs stelle massicce. Masse critiche per l'innescio dei bruciamenti, nane brune, cicli di combustione nucleare.

9. Evoluzione dettagliata: verso e sulla sequenza principale (MS).

Semplice derivazione della linea di Hayashi, evoluzione di pre-MS. Proprietà della ZAMS: relazioni M-L e M-R, comparsa delle regioni convettive. Evoluzione durante la MS: cambiamenti strutturali, caratteristiche di stelle di piccola massa vs quelle di massa elevata, effetti di overshooting.

10. Evoluzione di Post-MS.

Il limite di Schoenberg-Chandrasekhar, il principio dello specchio. La fase di bruciamento di H in shell: Hertzsprung-gap, la fase di ramo di gigante rossa (RGB), il primo dredge-up. La fase di bruciamento centrale di elio: ramo orizzontale, loop delle Cefeidi. perdita di massa in RGB.

11. Evoluzione avanzata di stelle di massa piccola e intermedia.

La fase di Il ramo asintotico (AGB): pulsioni termiche, secondo e terzo dredge-up, perdita di massa, nucleosintesi. Nane bianche: struttura, effetti non ideali, Descrizione semplificata della teoria del raffreddamento.

12. Evoluzione di pre-supernova di stelle massicce. Importanza della perdita di massa in tutto il diagramma H-R (stelle O, RSG, LBV e WR).

Evoluzione del nucleo: cicli di combustione nucleare e perdite di neutrini, accelerazione dell'evoluzione del nucleo.

Struttura di pre-SN.

13. Esplosioni e resti di stelle massicce.

Evoluzione del nucleo fino al collasso: Fotodisintegrazione del Fe, processi di cattura elettronica. Proprietà osservate in SNe e loro relazione all'evoluzione delle stelle massicce. Masse limite per la formazione di stelle a neutroni e di buchi neri, dipendenza da perdita di massa e metallicità.

Criteri di valutazione :

Verifica orale su tutti gli argomenti trattati nel corso.

Testi di riferimento :

Dispense elaborate dal docente verranno fornite durante il corso.

Testo classico suggerito (non obbligatorio): Kippenhahn & Weigert, *Stellar Structure and Evolution* (1990). Altro materiale didattico raccomandato a cura del Prof. Cesare Chiosi.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense, proiezione di diapositive.

Curriculum: Astronomia

ASTROBIOLOGIA

(Titolare: Prof. GIUSEPPE GALLETTA)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Astronomia

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Sede dell'insegnamento : Centro Interdipartimentale Vallisneri

Aule : Orario e aula verranno pubblicati in rete sul sito <http://dept.bio.unipd.it/naturali/>

Prerequisiti :

Some elementary concepts of Astronomy, Biology, Earth Sciences

Conoscenze elementari di Astronomia, Biologia, Scienze della Terra

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso è aperto a studenti di tutti i corsi di laurea che siano interessati a conoscere lo stato attuale della ricerca scientifica sul problema dell'esistenza di forme di vita al di fuori del nostro pianeta.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni e discussioni in aula

Contenuti :

1) Il dibattito sull'universalità della vita: Da Lucrezio a Hoyle; La Panspermia; Il problema del pianeta Marte; L'esobiologia nel ventesimo secolo. La vita extraterrestre nella letteratura ed il cinema.

2) Cenni di Biologia: L'acqua. Importanza del carbonio nelle molecole biologiche. Le principali macromolecole presenti nei sistemi viventi. I carboidrati. I lipidi. Le proteine. Acidi nucleici: DNA ed RNA. La formazione delle proteine. La cellula. La riproduzione. Le proprietà dei viventi.

3) Riproduzione e replicazione. Batteri e altre forme di vita pluricellulari. Virus. Viroidi e Virusoidi. Prioni. Nanobi. Crescita, metabolismo. Le mutazioni ed il caso. La selezione naturale.

4) Molecole e atomi essenziali per le forme di vita. La nascita di stelle. La formazione degli elementi chimici. Il gas interstellare. La formazione di molecole interstellari. La polvere cosmica. Formazione e composizione dei planetesimi. Le meteoriti. I composti organici nelle condriti carbonacee. Le micrometeoriti e la polvere cometaria.

5) Origine ed evoluzione del Sistema Solare. La formazione del disco protoplanetario. La nascita dei pianeti. Nascita della Terra e

- collisioni primordiali. La formazione delle atmosfere. L'effetto serra. L'origine dell'acqua sui pianeti. Gli ambienti originari della vita.
- 6) Origine della vita sulla Terra: Gli ingredienti della vita. Mondi a RNA, tioesteri, liposomi e coacervati L'esperimento di Miller: produzione di molecole complesse con il concorso di energia. Dalle micromolecole agli aggregati cellulari. Gli aggregati organici precellulari. Il mondo ad RNA: possibilità e problemi. Il primo bioma.
- 7) Ambienti terrestri estremi: Vita intorno ai black smokers. Vita in regioni idrotermali subacquee. Vita tra i clatrati oceanici. Vita sotto i ghiacci. Vita nelle grotte sulfuree.
- 8) Pianeti e dischi protoplanetari intorno ad altre stelle. Zone abitabili circumstellari e galattiche.
- 9) Ricerca di vita nel Sistema Solare: L'evoluzione dell'ambiente marziano. Gli esperimenti biologici dei Viking. Meteoriti marziane e batteri fossili. Europa. Titano, Encelado.
- 10) Viaggi nello spazio: Il problema della propulsione. Sopravvivenza cellulare nello spazio. Cenni ai problemi di adattamento dell'uomo allo spazio. Cenni agli esperimenti di microgravità.
- 11) La ricerca di intelligenze extraterrestri: L'equazione di Drake. L'evoluzione di civiltà. Comunicazione con civiltà extraterrestri. Il problema del linguaggio. L'impatto tra due civiltà.

Criteri di valutazione :

Discussione su più argomenti del corso.

Testi di riferimento :

G. Galletta - V. Sergi - Astrobiologia: le frontiere della vita (2005), Ed. Hoepli -

Lettura consigliata: C. De Duve, Alle origini della vita (2008), Ed. Longanesi

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Il docente fornirà dei files con le presentazioni Powerpoint usate a lezione. Queste presentazioni sono solo complementari al libro di testo.

ASTROFISICA DEL MEZZO INTERSTELLARE

(Titolare: Prof. PIERO RAFANELLI)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 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

Conoscenze e abilità da acquisire :

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.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

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

Contenuti :

- Introduzione
- Come ottenere informazioni sul mezzo interstellare: righe spettrali, radiazione continua, estinzione interstellare
- Processi microscopici nel mezzo interstellare: raffreddamento e riscaldamento del gas interstellare, formazione di molecole
- Grani interstellari: Evidenza della presenza di grani, ottica dei grani, formazione e distruzione dei grani, proprietà fisiche dei grani, grani come agenti di riscaldamento e raffreddamento del gas interstellare, grani come siti di formazione di molecole
- Regioni eccitate radiativamente: nebulae di puro idrogeno, nebulae contenenti elementi pesanti, spettri radio di nebulae, struttura fisica delle nebulae
- Introduzione alla dinamica dei gas: equazioni fondamentali dalle leggi di conservazione, onde sonore, onde d'urto adiabatiche, onde d'urto radiative
- Effetti gas dinamici di stelle massicce sul mezzo interstellare: espansione delle nebulae, effetti di venti stellari di stelle massicce sul gas interstellare, esplosioni di supernovae e supernova remnants, conseguenze delle esplosioni di supernovae nel mezzo interstellare di galassie
- Formazione stellare e regioni di formazione stellare

Criteri di valutazione :

La verifica del profitto avra' luogo mediate 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

J.E. Dyson, D.A. Williams, The physics of the interstellar medium, 1997 Institute of Physics publishing

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense del docente

ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE

(Titolare: Prof. PIERO BENVENUTI)

Periodo: Il anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia
Aule: da definire

Prerequisiti:

Fisica della radiazione elettromagnetica, elementi di astrofisica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

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.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali

Contenuti:

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 γ , 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.

Criteri di valutazione:

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.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense del docente

ASTROFISICA DELLE GALASSIE

(Titolare: Prof. ENRICO MARIA CORSINI)

Periodo: 1 anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento: ex Dipartimento di Astronomia
vicolo dell'Osservatorio 3
Aule: Aula C

Prerequisiti:

Conoscenza dell'inglese scientifico e degli strumenti informatici.

Conoscenze e abilità da acquisire:

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.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

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

Contenuti:

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 epiciclica. 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 anisotropa. Modelli di Michie.

Testi di riferimento :

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

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

ASTROFISICA DI COMETE E ASTEROIDI

(Titolare: Prof.ssa MONICA LAZZARIN)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Astronomia
Aule : Aula C

Prerequisiti :

Elementi di Astronomia e Astrofisica

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso si propone di fornire gli elementi di base per lo studio dei corpi minori del Sistema Solare.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali

Contenuti :

Caratteristiche chimiche fisiche e dinamiche dei corpi minori del Sistema Solare:

- 1) Generalità sul Sistema Solare:
- 2) Introduzione ai Corpi Minori
- 3) Comete
- 4) Fascia di Kuiper
- 5) Centauri
- 6) Proprietà fisiche delle comete: struttura di una cometa attiva e non attiva, magnitudine, nucleo cometario e sue proprietà, struttura della chioma, meccanismi di produzione delle specie osservate, polvere cometaria e struttura della coda di polvere, struttura della coda di ioni, spettri cometari, modelli per il calcolo della distribuzione di densità nelle chiome cometarie
- 7) Asteroidi in orbite cometarie, riattivazione di nuclei cometari, relazioni comete-asteroidi
- 8) Missioni cometarie: cosa ci hanno insegnato le missioni verso nuclei cometari effettuate finora
- 9) Asteroidi: distribuzione nel Sistema Solare, caratteristiche generali, Troiani, Near Earth Asteroids, Effetto Yarkovski, Effetto YORP, asteroidi binari, famiglie di asteroidi, proprietà fisiche degli asteroidi, Tassonomia, spettroscopia e mineralogia superficiale
- 10) Missioni asteroidali: cosa ci hanno insegnato le missioni verso asteroidi effettuate finora
- 11) Origine ed evoluzione di comete e asteroidi
- 12) Cenni sulle meteoriti e sugli asteroidi come parent bodies di meteoriti.

Criteri di valutazione :

Discussione sui contenuti del corso

Testi di riferimento :

- *Physics of Comets*, K.S. Krishna Swamy, Third edition, World Scientific Publishing
- *Small Bodies in Planetary System, Lecture notes in physics 758*, 2009, I. Mann, A. Nakamura, T. Mukai editors, Springer-Verlag
- *Physics of the Solar System, Dynamics and Evolution, Space Physics and Spacetime Structure*, B. Bertotti, P. Farinella, D. Vokrouhlicky editors, Kluwer Academic Publishers
- *Asteroids III*, W.F. Bottke, A. Cellino, P. Paolicchi, R.P. Binzel editors, The University of Arizona Press
- *Origin and early evolution of comet nuclei*, Volume 28 di Space Sciences Series of ISSI, autori: H. Balsiger, Kathrin Altwegg, Walter F. Huebner, editori: H. Balsiger, Kathrin Altwegg, Walter F. Huebner, T. Owen, R. Schulz, Springer, 2008

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense preparate dal docente

C.I. DI ASTROFISICA GENERALE

(Titolare: Prof. SERGIO ORTOLANI)

Indirizzo formativo: Astronomia

Moduli del C.I.:

Astrofisica Generale (Mod. A)
Astrofisica Generale (Mod. B)

ASTROFISICA GENERALE (MOD. A)

(Titolare: Prof. SERGIO ORTOLANI)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Astronomia
Aule : Aula C, Aula A, Aula I.Rosino

Contenuti :

Astrofisica Generale Mod. A – Programma di massima

- Richiami delle nozioni di base di astronomia trasformazioni luminosità magnitudini assolute, temperature-indice di colore, legge di reddening
- 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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali in italiano

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Mod. A Dispense del docente. Alcuni ausili didattici si trovano in:

<http://www.astro.unipd.it/planets/barbieri/didattica.html>

Testi di riferimento :

dispense del docente

ASTROFISICA GENERALE (MOD. B)

(Titolare: Prof. ALESSANDRO PIZZELLA)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Astronomia
Aule : aula C

Contenuti :

- 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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali in italiano

Testi di riferimento :

dispense del docente

C.I. DI ASTROFISICA TEORICA

(Titolare: Prof. ALBERTO FRANCESCHINI)

Indirizzo formativo: Astronomia

Moduli del C.I.:

Astrofisica Teorica (Mod. A)

ASTROFISICA TEORICA (MOD. A)

(Titolare: Prof. CESARE CHIOSI)

Periodo: I anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia
Aule: da definire

Contenuti:

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. La 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, le vicinanze solari.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

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

Testi di riferimento:

Dispense e materiale del docente

ASTROFISICA TEORICA (MOD. B)

(Titolare: Prof. ALBERTO FRANCESCHINI)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento: Dipartimento di Astronomia
Aule: Aula C Dipartimento di Astronomia

Contenuti:

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, generalità 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'instabilità 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.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense del docente, fotocopie

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

CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

(Titolare: Prof. MARCO VIANELLO)

| | |
|---------------------------------|----------------------------|
| Periodo: | I anno, 1 semestre |
| Indirizzo formativo: | Astronomia |
| Tipologie didattiche: | 40A+24E; 7,00 CFU |
| Sede dell'insegnamento : | Dipartimento di Astronomia |
| Aule : | da definire |

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso si propone di fornire agli studenti le basi dell'analisi numerica con particolare enfasi all'implementazione degli algoritmi e alle applicazioni pratiche. Gli algoritmi studiati verranno implementati in laboratorio utilizzando il linguaggio MATLAB e verranno usati per risolvere problemi matematici di varia complessità, potendo così sperimentare le difficoltà tipiche di tali argomenti e acquisire le necessarie competenze per un approccio autonomo alla soluzione dei problemi.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

lezioni frontali e di laboratorio

Contenuti :

Struttura hardware e software dell'elaboratore. Numerazioni non decimali. Rappresentazione dei numeri al calcolatore. Soluzione di equazioni non lineari. Convergenza ed efficienza computazionale. Metodi diretti e iterativi per la soluzione di sistemi lineari. Interpolazione e approssimazione di dati. Metodi di quadratura numerica. Soluzione numerica di equazioni differenziali ordinarie.

Esercitazioni di laboratorio

Criteri di valutazione :

Scritto e orale con discussione degli elaborati di laboratorio

Testi di riferimento :

Appunti delle lezioni.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Testi per consultazione:

- G. Gambolati, Lezioni di Metodi Numerici per l'Ingegneria e Scienze Applicate, con esercizi, Cortina, Padova, 1994.

- A. Quarteroni, F. Saleri: Introduzione al Calcolo Scientifico, Esercizi e problemi risolti in Matlab, Terza Ed., Springer-Verlag, Milano,

FISICA DEI PIANETI

(Titolare: Prof. FRANCESCO MARZARI)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Astronomia
Aule : Aula C

Prerequisiti :

Fisica generale, Struttura della materia

Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso intende fornire le conoscenze di base per la comprensione dei pianeti del sistema solare e dei pianeti extrasolari. È 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.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali

Contenuti :

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.

Criteria di valutazione :

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.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

V. Vanzani: *Fisica dei Pianeti*, dispense

FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI

(Titolare: Dott. ROBERTO ONOFRIO)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Astronomia

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Astronomia

Aule : da definire

Prerequisiti :

Elementi di fisica teorica

Conoscenze e abilità da acquisire :

Elementi di base a carattere fenomenologico e sperimentale della fisica subnucleare

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni teoriche ed esercizi in aula

Contenuti :

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 e decadimento del protone.

Astrofisica dei neutrini, mescolamento dei neutrini e matrice di Pontecorvo-Maki-Nakagawa-Sakata. Cenni alle astronomie non elettromagnetiche: raggi cosmici, neutrini, onde gravitazionali. Problemi aperti al confine tra astrofisica, cosmologia e fisica delle particelle: materia oscura ed energia oscura.

Testi di riferimento :

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

FISICA MATEMATICA

(Titolare: Prof. MASSIMILIANO GUZZO)

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Astronomia

Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU

Sede dell'insegnamento : Informazioni in lingua non trovate

Aule : Informazioni in lingua non trovate

Conoscenze e abilità da acquisire :

Apprendimento di elementi di equazioni differenziali ordinarie e a derivate parziali per lo studio di problemi classici della fisica

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni in aula

Contenuti :

Equazioni differenziali ordinarie: punti di equilibrio, orbite periodiche sistemi integrabili e non integrabili, varietà stabile ed instabile, esponenti di Lyapunov. Applicazioni al problema dei tre corpi.

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 separazione 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 ed applicazioni.

Criteri di valutazione :

Informazioni in lingua non trovate

Testi di riferimento :

Dispense distribuite dal docente.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense distribuite dal docente.

FISICA SUPERIORE

(Titolare: Prof. ARMANDO-FRANCESCO BORGHESANI)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 56A; 7,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Astronomia

Conoscenze e abilità da acquisire :

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni in aula.

Contenuti :

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.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense distribuite dal docente

FORMAZIONE DELLE STRUTTURE COSMICHE

(Titolare: Prof. GIUSEPPE TORMEN)

Periodo: Il anno, 1 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Fisica e Astronomia
vicolo dell'Osservatorio, 3/2
Aule : Aula C

Prerequisiti :

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

Conoscenze e abilità da acquisire :

Illustrare i meccanismi di crescita lineare e non lineare delle perturbazioni di densità attraverso cui si sono formate le strutture cosmiche oggi osservate (galassie, ammassi di galassie, struttura a grande scala dell'universo).

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali e lavoro di gruppo. Test in itinere.

Contenuti :

Ripasso di Cosmologia isotropa

Principio Cosmologico. Equazioni di Friedmann. Simmetrie e conservazioni in Relatività Generale. Derivazione Newtoniana delle equazioni di Friedmann. Energia dell'universo. Materia oscura. Problemi del Big Bang e loro soluzione. La costante cosmologica. Equivoci cosmologici e loro soluzione.

Instabilità gravitazionale - teoria lineare newtoniana

Schema di formazione delle strutture cosmiche: epoche e scale rilevanti. Criterio di Jeans. Instabilità gravitazionale in universi in espansione. Equazioni euleriane per un fluido. Soluzioni per universi di materia con $\Omega=1$, Ω minore o maggiore di 1. Soluzione per universi di radiazione. Effetto di stagnazione. Catch-up dei barioni dopo la ricombinazione. Massa di Jeans e massa di free-streaming. Hot e Cold dark matter. Scenari per la formazione delle strutture cosmiche. Anisotropie del fondo cosmico di microonde, effetto Sachs-Wolfe, picchi acustici, anisotropie secondarie, dipendenza dai parametri cosmologici.

Metodi Statistici

Campi stocastici, ipotesi Ergodica. Correlazione e spettro, teorema di Wiener-Khinchine. Varianza puntuale. Convoluzione, relazione di Parseval e varianza di massa. Spettri scale-free e leggi di scala non lineari. Entrata delle perturbazioni nell'orizzonte. Spettro di Zel'dovich. Forma dello spettro di CDM. Funzione di trasferimento.

Evoluzione non lineare delle perturbazioni

Approssimazione di Zel'dovich. Collasso sferico ed ellissoidale. Virializzazione. Simulazioni numeriche: N-body, Idrodinamica (SPH). Funzione di massa degli aloni di materia oscura, formalismo degli excursion sets. Cenni di formazione delle galassie.

Instabilità gravitazionale - Cenni di teoria lineare general relativistica

Classificazione delle perturbazioni, scelta della gauge e gauge invarianza.

Criteri di valutazione :

La verifica del profitto considera sia il risultato dei test in itinere che il risultato di una verifica finale orale.

Testi di riferimento :

H.Mo, F. van den Bosch, S.White: "Galaxy Formation and Evolution"

P.Coles, F.Lucchin: "Cosmology"

A.Liddle, D.Lyth: "Inflation and Large-Scale Structure"

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense del docente

Registrazione audio e video integrale delle lezioni

LABORATORIO DI ASTROFISICA 1

(Titolare: Dott. ROBERTO RAGAZZONI)

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Astronomia

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

Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Astronomia

Aule : da definire

Prerequisiti :

Conoscenze di ottica geometrica e fisica

Conoscenze e abilità da acquisire :

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

lezioni frontali e laboratorio

Contenuti :

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.

Criteri di valutazione :

Discussione sul programma

Testi di riferimento :

dispense fornite dal docente

LABORATORIO DI ASTROFISICA 2

(Titolare: Prof. ALESSANDRO PIZZELLA)

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Astronomia

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

Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Fisica e Astronomia, vicolo dell'osservatorio 3

Aule : da definire

Prerequisiti :

Elementi di informatica

Conoscenze e abilità da acquisire :

Obiettivo principale del corso è quello di mettere gli studenti a contatto con le più moderne tecniche di osservazione astronomiche e con le tecniche di analisi di immagini e spettri ottici sia attraverso lezioni teoriche che attraverso esperienze pratiche al telescopio e nel laboratorio di informatica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali

Lezioni in laboratorio

Contenuti :

LEZIONI TEORICHE

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

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

CCD: descrizione tecnica. Osservazioni astronomiche con CCD.

Analisi dati: calcolo del rapporto Segnale/Rumore in osservazioni astronomiche: teoria e pratica.

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

Preparazione delle osservazioni, scelta del set-up strumentale, individuazione del campione da osservare, definizione della strategia osservativa.

Pre-riduzione immagini astronomiche;

Spettroscopia. calibrazione in lunghezza d'onda e in flusso di uno spettro. Misura della curva di rotazione di una galassia e dei rapporti di intensita' di righe.

Fotometria. Studio della brillantezza superficiale di galassie.

Ricerca di pianeti extrasolari col metodo dell'eclisse.

Criteri di valutazione :

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense del docente.

Manuali IRAF, SM (SUPERMONGO)

MECCANICA CELESTE

(Titolare: Dott. STEFANO CASOTTO)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Astronomia
Aule : Da definire

Prerequisiti :

Conoscenza dell'Analisi e dei principi della Meccanica.

Conoscenze e abilita' da acquisire :

L'obiettivo del corso è di fornire agli studenti una conoscenza di base della dinamica di corpi soggetti alla mutua attrazione gravitazionale anche attraverso l'implementazione di codici di calcolo per la soluzione di problemi.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali, compiti per casa, progetto finale.

Contenuti :

1. Equazioni del moto di un sistema di N corpi - Simmetrie e integrali primi
2. Il Problema dei Due Corpi - Soluzioni kepleriane e loro rappresentazione - Regolarizzazione e formulazione in Variabili Universali
3. Sistemi di riferimento e calcolo delle effemeridi
4. Determinazione delle orbite preliminari - Metodo di Laplace - Metodo di Gauss.
5. Moto relativo kepleriano - Rendezvous orbitale - Manovre orbitali
6. Il teorema di Lambert - Lambert targetting
7. Il Problema dei Tre Corpi - Soluzioni omografiche
8. Il problema Circolare Ristretto dei Tre Corpi - Integrale di Jacobi - Superfici di velocità nulla - Orbite periodiche
9. Navigazione nel Sistema Solare - Il metodo delle coniche raccordate

Criteri di valutazione :

Compiti per casa 30%

Esame di medio termine 20%

Progetto 30%

Esame finale (discussione del progetto e domande sul programma svolto) 20%

Testi di riferimento :

1. Danby, Fundamentals of Celestial Mechanics
2. Roy, Orbital Motion
3. Curtis, Orbital Mechanics for Engineering Students
4. Vallado, Fundamentals of Astrodynamics and Applications

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense del docente

POPOLAZIONI STELLARI

(Titolare: Prof. GIAMPAOLO PIOTTO)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 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. Conoscenza di base dell'inglese scientifico.

Conoscenze e abilità da acquisire :

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

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

lezioni frontali

Contenuti :

The color magnitude diagrams: transformations luminosity-magnitude and temperature-color index. Effects of the interstellar reddening on the color-magnitude diagrams.

The concept of stellar populations: historical background.

Population II CM diagram. Measurement of age and metallicity.

Globular Clusters stellar populations

The helium content of the population II stars.

The Galactic model by Eggen, Lynden-Bell and Sandage.

The galactic halo model from Searle and Zinn.

The interstellar medium near to the Sun and the local bubble.

The population I and the galactic disk. Open clusters and field population.

Dwarf Galaxies.

The mass function.

Integrated properties of the stellar populations.

Star formation History in galaxies

Basic principles of the chemical evolution of the stellar populations.

The supernovae: classification, evolution, progenitors.

The use of the supernovae as indicator distances.

Criteri di valutazione :

colloquio

Testi di riferimento :

dispense del docente

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

fotocopie articoli specifici

PROVA FINALE

(Titolare: da definire)

Periodo: Il anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: ; 40,00 CFU

RELATIVITÀ GENERALE

(Titolare: Prof. GIUSEPPE TORMEN)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento di Fisica e Astronomia
vicolo dell'Osservatorio, 3/2
Aule : Aula C

Prerequisiti :

Special Relativity. Tensors and tensor algebra.

Conoscenze e abilità da acquisire :

Familiarizzare con le idee alla base delle relatività generale, sia dal punto di vista fisico che geometrico. Comprendere la formulazione matematica necessaria a descrivere queste idee. Conoscere le principali applicazioni.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali e lavoro di gruppo. Test in itinere.

Contenuti :

Ripasso di Relatività Speciale

Sistemi di riferimento Inerziali. Principio di Relatività. Gravità Newtoniana. Principio variazionale ed equazioni di Eulero-Lagrange. Esperimento di Michelson-Morley. Relatività della simultaneità. Intervalli spaziotemporali. Coni luce. Dilatazione dei tempi e contrazione delle lunghezze. Paradosso dei gemelli. Cenni di meccanica relativistica. Lagrangiana per una particella libera. Aberrazione classica e relativistica, beaming relativistico. Effetto Doppler classico e relativistico. Distorsione di oggetti in moto relativistico. Moti superluminali. Getti relativistici.

Relativita' Generale

Principi di Mach, di Equivalenza, di General Covarianza, di Accoppiamento gravitazionale minimo, di Corrispondenza. Orologi in un campo gravitazionale. Redshift gravitazionale. Metrica della gravita' Newtoniana. Spazio-tempo curvo. Sistemi di base coordinati e ortonormali. Trasformazioni generali di coordinate. Teorema della piatezza locale. Integrali in Relativita' Generale. Derivata Covariante. Connessione. Trasporto parallelo. Tensore di torsione e connessione metrica. Equazione geodetica. Introduzione alla curvatura. Curvatura dal trasporto parallelo, dal commutatore delle derivate, dalla deviazione geodetica. Simmetrie del tensore di curvatura. Tensori di Ricci e di Weyl. Vettori come derivate direzionali. Forze mareali newtoniane e limite newtoniano della deviazione geodetica. Simmetrie dello spazio-tempo e leggi di conservazione in Relativita' Generale. Vettori ed equazione di Killing. Tensore energia-impulso per un fluido perfetto. Equazioni di Einstein e loro interpretazione. Metrica di Schwarzschild. Potenziale effettivo. Redshift gravitazionale. Orbite esterne per la metrica di Schwarzschild. Precessione dei pericentri. Deflessione della luce. Shapiro time delay. Metrica di Robertson-Walker, equazioni di Friedmann. Giroscopi in Relativita' Generale, precessione geodetica, effetto Lense-Thirring. Onde gravitazionali: fenomenologia e meccanismi di emissione nel limite di campo debole.

Criteri di valutazione :

La verifica del profitto considera sia il risultato dei test in itinere che il risultato di una verifica finale orale.

Testi di riferimento :

Hartle: Gravity, an Introduction to Einstein's General Relativity
Carroll: An Introduction to General Relativity, Spacetime and Geometry
Schutz: A first course in General Relativity
D'Inverno: Introducing Einstein's Relativity
Ohanian-Ruffini: Gravitazione e Spazio-Tempo
Gron, Hervik: Einstein's General Theory of Relativity
Misner, Thorne, Wheeler: Gravitation

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

Dispense del docente
Registrazione audio e video integrale delle lezioni

SPETTROSCOPIA ASTRONOMICA

(Titolare: Prof. PIERO RAFANELLI)

Periodo: I anno, 2 semestre
Indirizzo formativo: Astronomia
Tipologie didattiche: 48A; 6,00 CFU
Sede dell'insegnamento : Dipartimento Astronomia
Aule : da definire

Conoscenze e abilita' da acquisire :

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

Attivita' di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :

Lezioni frontali con esercizi

Contenuti :

- Caratteristiche dello spettro a righe di emissione di: Nebulose gassose - Nebulose diffuse - Nebulose planetarie - Novae ~ Supernova remnants- Regioni HII extragalattiche- Galassie di Seyfert di tipo I e 2 - QSO's - Starburst galactic nuclei - Liners.

- Eccitazione radiativa, Ionizzazione, Ricombinazione , Fluorescenza: la sfera di Stromgren - Emissione free-free e Bremsstrahlung - Equazione della ionizzazione per atomi complessi - ricombinazione dielettronica - Ionizzazione per collisione - Scambio di carica - Campi di radiazione stellare nel lontano ultravioletto - La fluorescenza di Bowen nello OIII e nello NIII.

- Equilibrio di fotoionizzazione: Fotoionizzazione di una nebula di solo Idrogeno -Fotoionizzazione di una nebula contenente Idrogeno ed Elio - Fotoionizzazione da He+ ad He++

- Equilibrio termico - Aumento di energia per fotoionizzazione - Perdita di energia per ricombinazione - Perdita di energia per radiazione free-free - Perdita di energia da radiazione in righe eccitate collisionalmente - Perdita di energia per eccitazione collisionale dell'Idrogeno.

Calcolo dello spettro Emesso: Righe di ricombinazione - Radiazione nel continuo – Righe e continuo nel dominio radio - Probabilità di fuga di un fotone emesso in una nebula sferica ed omogenea - Effetti di trasporto radiativo nello H1 - Effetti di trasporto radiativo nello He1 ed He11 - Eccitazione collisionale dello He1.

- Fenomeni correlati alla presenza di polveri: Effetto di estinzione prodotto dalla polvere - Polvere e spettro infrarosso di Nebulae, Galassie di Seyfert etc. - Temperatura e bilancio energetico della polvere - Osservazioni infrarosse, ottiche e ultraviolette di Nebulae, Galassie di Seyfert etc. - Proprietà dei grani di polvere (rapporto polvere gas, polarizzazione lineare, variazione del rapporto $R = A_E / (B-V)$) - Confronto fra le proprietà del mezzo interstellare della nostra galassia e quelle di altre galassie.

- Confronto della Teoria con le osservazioni : Misure di temperatura dalle righe di emissione - Determinazione della temperatura dal continuo ottico e da quello radio - Densità elettronica dalle righe di emissione - Temperature elettroniche e densità elettroniche dalle righe di ricombinazione radio - Radiazione ionizzante di tipo termico e non termico - Abbondanza degli elementi nelle nebulae da righe di ricombinazione e proibite.

Criteri di valutazione :

Applicazione concetti acquisiti alla soluzione di problemi

Testi di riferimento :

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

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

Eventuali indicazioni sui materiali di studio :

dispense del docente