

Corso di Laurea in SCIENZE DELL'UNIVERSO

Finalità

Preparare laureati specialisti con un'ottima preparazione nelle discipline astronomiche ed astrofisiche per un inserimento diretto in specifiche attività lavorative o per un eventuale proseguimento degli studi in Dottorati di Ricerca in astronomia, astrofisica e fisica spaziale in Italia o all'estero.

Obiettivi formativi

Approfondita preparazione nell'astronomia, astrofisica e fisica spaziale moderne, con un'ampio spettro di competenze nei principali settori di indagine delle Scienze dell'Universo, dalla scala planetologica a quella cosmologica. Solida padronanza del metodo scientifico di indagine, basata su una profonda preparazione culturale nella fisica classica e moderna e su un'estesa conoscenza degli strumenti matematici e informatici di supporto. Vasta conoscenza delle moderne strumentazioni e tecnologie osservative, e delle procedure di raccolta, analisi ed interpretazione dei dati. Elevata capacità operativa, scientifica e tecnologica per la progettazione e gestione di progetti di ricerca in ambito astrofisico e spaziale. Basi adeguate per operare nel campo della divulgazione astronomico-astrofisica di alto livello.

Attività formative

Corsi di fisica avanzata: meccanica quantistica, metodi matematici della fisica. Corsi di astrofisica: processi radiativi in astrofisica, relatività e gravitazione, astrofisica stellare, astrofisica galattica, astrofisica extragalattica, fisica solare, planetologia, meccanica celeste, onde gravitazionali, astrofisica delle alte energie, fisica delle astroparticelle. Corsi di laboratori: laboratorio di astrofisica. Corsi integrativi: astrobiologia, calcolo ad alte prestazioni, complementi di statistica, lingue straniere. Corsi a scelta libera dello studente. Tirocinio presso enti di ricerca o industrie. Dissertazione scritta.

Percorsi formativi previsti

Un percorso formativo di base, con alcuni esami a scelta. sbocchi professionali Osservatori astronomici, centri di ricerca, università. Agenzie spaziali. Industrie aerospaziali, elettroniche, informatiche. Imprese di alta tecnologia ottica, meccanica, elettromeccanica ed informatica per lo sviluppo della grande strumentazione astronomica. Centri di elaborazione dati ed immagini digitali.

Dottorati di ricerca

Consente l'accesso ai corsi di Dottorato di Ricerca in Astronomia, in Fisica, ed altri affini.

Ordinamento degli Studi - Laurea Specialistica

1°Anno I SEMESTRE

1 corso a scelta tra i seguenti:

Meccanica Quantistica 2	6CFU
Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare	6 CFU
Turbolenza	6 CFU
Fisica dei Plasmi	6 CFU
Fisica dei Sistemi Dinamici	6 CFU
Fisica delle Particelle Elementari 1	6 CFU
Metodi Matematici della Fisica 2	6 CFU
Laboratorio di Astrofisica 1	6 CFU
Processi Radiativi in Astrofisica	6 CFU
Corso a scelta (libero)	6 CFU

II SEMESTRE

Laboratorio di Astrofisica 2	6 CFU
Astrofisica Stellare	6 CFU
Astrofisica Extragalattica 1	6 CFU
Fisica Solare	6 CFU
Relatività e Gravitazione	6 CFU

2°Anno I SEMESTRE

Cosmologia	6 CFU
------------	-------

2 corsi a scelta tra i seguenti:

Fisica Spaziale	6 CFU
Planetologia	6 CFU
Astrofisica Galattica	6 CFU
Astrofisica Extragalattica 2	6 CFU
Meccanica Celeste	6 CFU
Astrofisica delle Alte Energie	6 CFU
Onde Gravitazionali	6 CFU
Fisica delle Astroparticelle	6 CFU

Astrobiologia (corso affine)	2 CFU
Complementi di Statistica (corso affine)	2 CFU
Calcolo ad alte prestazioni	3 CFU
Tesi	5 CFU

II SEMESTRE

Stage	5 CFU
Tesi	25 CFU

Ammissione

Possono immatricolarsi senza debiti formativi i laureati triennali in Fisica presso l'Università di Roma Tor Vergata. È consentita l'immatricolazione anche ai possessori di titolo di studi analogo conseguito a seguito di studi universitari, anche svolti all'estero, di durata almeno triennale, cui siano riconoscibili 180 crediti ritenuti equivalenti dal Consiglio di Corso di Studi, che potrà assegnare eventuali debiti formativi.

Piani di Studio

Ogni studente deve presentare un piano di studio individuale con l'indicazione dei corsi a scelta previsti dall'Ordinamento Didattico. Eventuali deroghe al percorso formativo di base sono richieste dallo studente insieme alla domanda di immatricolazione e soggette all'approvazione da parte del Consiglio di Corso di Studi. Gli studenti hanno la facoltà di modificare il piano di studi già presentato, sottoponendone uno nuovo al Consiglio di Corso di Studi per l'approvazione.

Stage e prova finale

La prova finale consiste nella discussione di una relazione scritta originale, eventualmente in lingua inglese, su un argomento attuale di ricerca, proposto dal relatore, nel settore prescelto dallo studente (30 CFU). La relazione può riguardare anche l'attività di ricerca svolta nello stage (5 CFU). La discussione avviene in seduta pubblica davanti ad una commissione di docenti che esprime la valutazione complessiva in centodecimi, eventualmente anche con la lode. La trasformazione in centodecimi dei voti conseguiti negli esami con votazione in trentesimi comporterà una media pesata con i relativi CFU acquisiti.

Programmi dei corsi

1°Anno I SEMESTRE

MECCANICA QUANTISTICA 2

Prof. E. Pace

Postulati della meccanica quantistica. Rappresentazioni. Oscillatore tridimensionale. Metodi variazionali. Diffusione da potenziale. Stati stazionari. Pacchetti d'onda. Sezione d'urto. Onde

parziali. Teorema ottico. Equazione di Lippmann-Schwinger. Serie di Born. Equazione di KleinGordon. Antiparticelle. Equazione di Dirac. Limite non relativistico. Trasformazioni di Lorentz infinitesime. Corrente conservata. Covarianti bilineari. Particelle di Dirac in campo esterno. Coniugazione di carica. Equazione di Weyl.

ISTITUZIONI DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE

Prof. P.G. Picozza

Fisica del Nucleo: richiami del modello a shell. Interazione nucleone-nucleone. Il deutone. Reazioni nucleari. Fisica delle Particelle Elementari: Concetti fondamentali. Stati eccitati e risonanze. Principi di invarianza, leggi di conservazione e simmetrie. Invarianza CPT. Interazione debole. Neutrini ed antineutrini. Diffusione pionenucleone. SU(3). I quark costituenti. Teoria del colore e cromodinamica quantistica. Mesoni e barioni come stati legati dei quark. Massa degli adroni.

TURBOLENZA

Dott. R. Gatto

Equazioni di Navier-Stokes. Instabilità e transizione alla turbolenza. Teoria di Kolmogorov. Intermittenza e multifrattalità. Dinamica di uno scalare passivo. Magneto-idrodinamica ed effetto Dinamo.

FISICA DEI PLASMI

Dott. R. Gatto

Introduzione alla fisica dei plasmi astrofisici e termonucleari. Moto di particelle nel campo elettromagnetico. Descrizione cinetica e fluida. Onde. Instabilità ideali e resistive. Riconnessione magnetica. Radiazione dei plasmi. Tecniche di misura dei parametri principali. Applicazioni: Caratteristiche del plasma magnetosferico, solare ed interstellare. Instabilità magneto-rotazionale nei dischi di accrezione. Turbolenza e dinamo magnetica. Fusione termonucleare

FISICA DEI SISTEMI DINAMICI

Dott.ssa A. Lanotte

Introduzione ai sistemi dinamici e al caos deterministico; Sistemi continui e discreti, mappe 1d, modello di Lorenz; Sistemi dinamici conservativi e dissipativi; Punti fissi e stabilità lineare; Esponente di Lyapunov; Misura invariante, naturale, ipotesi ergodica; Attrattore strano e proprietà frattali; Esponenti di Lyapunov generalizzati; Cenni di teoria delle grandi deviazioni; Scenari di transizione al caos; Cenni su processi stocastici.

FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 1

Prof. G. Matthiae

Interazioni adroniche e modello a quark. "Flavour" e colore. Interazioni elettromagnetiche. L'equazione di Dirac e le regole di Feynman. Produzione di coppie di muoni nelle collisioni elettrone-positrone. Il Lamb shift e il momento magnetico dei leptoni. Interazioni deboli. La teoria V-A. Angolo di Cabibbo. Decadimento dei mesoni K neutri. Violazione di CP. La matrice di CKM. Scattering anelastico di elettroni e neutrini. Modello a partoni. Funzioni di struttura. Unificazione elettrodebole.

METODI MATEMATICI DELLA FISICA 2

Dott. G. Pradisi

Equazioni differenziali ordinarie. Funzioni di Green. Equazioni integrali. Problemi di SturmLiouville. Serie e trasformate di Fourier. Trasformata di Laplace. Sviluppi asintotici. Funzioni speciali. Equazioni differenziali alle derivate parziali.

PROCESSI RADIATIVI IN ASTROFISICA

6 CFU

Prof. P. Mazzotta

Fondamenti del trasporto radiativo. Radiazione termica. I coefficienti di Einstein. Teoria di base dei campi di radiazione. Radiazione da cariche in moto. Potenziali di Lienard Wiechart. Scattering Thomson. Covarianza relativistica e cinematica. Bremsstrahlung. Radiazione di sincrotrone. Scattering Compton. Effetto Sunyaev-Zeldovich.

LABORATORIO DI ASTROFISICA 1

6 CFU

Prof. R. Buonanno

Posizioni e coordinate; cataloghi. Effetti atmosferici, PSF e implicazioni; assorbimenti. Strumenti ottici e IR; telescopi, spettrometri, fotometri e fotometria. Strumenti radio, X e gamma. Rivelatori fotografici e a stato solido. Strumentazione spaziale. Analisi di immagini. Metodi di misura delle

distanze Astronomiche. Metodi di misura dell'età dei sistemi stellari e delle galassie. Metodi di stima dell'età dell'Universo. Esperienze di laboratorio.

2°Anno I SEMESTRE

LABORATORIO DI ASTROFISICA 2

6 CFU

Docente da definire

Approfondimento sui sensori: CCD, CMOS. Richiami di ottica astronomica. Tecniche spettroscopiche: Atmosfera statica ed Atmosfera Dinamica. Introduzione all'Ottica Adattiva: sensori di fronte d'onda e MCAO. Fondamenti di elaborazione immagini e tecniche di ricostruzione di immagini. Preparazione di un articolo scientifico e di una richiesta di tempo osservativo. Esperienze di laboratorio: Introduzione IDL e LabView. Simulazione numerica di un'atmosfera turbolenta. Calibrazione di un CCD (Photon Transfer). Elaborazione di immagini astronomiche. Realizzazione di un sistema di acquisizione dati.

ASTROFISICA STELLARE

6 CFU

Docente da definire

La Galassia. Strutture Stellari. Termodinamica degli Interni Stellari. Fasi di Bruciamento di Idrogeno. Fasi di Bruciamento di Elio. Variabilità Stellare. Osservabili Stellari di Interesse Cosmologico. Nucleosintesi.

ASTROFISICA EXTRAGALATTICA 1

6 CFU

Prof. F. Vagnetti

Struttura della Galassia. Gruppo Locale, scala delle distanze. Galassie a disco, ed ellittiche. Nuclei Galattici Attivi, paradigma del black hole, disco di accrescimento. Emissione continua e variabilità. Broad Line Region e Narrow Line Region, proprietà delle nubi, correlazioni righe continuo, effetto Baldwin. Richiami di cosmologia, distanza di luminosità. Surveys, effetto Eddington, correzione-K. Criteri di selezione. $\log N$ - $\log S$ e test V/V_{max} . Funzione di luminosità e sua evoluzione.

FISICA SOLARE

6 CFU

Prof. F. Berrilli

La struttura interna del sole quieto, reazioni nucleari ed il problema dei neutrini. Eliosismologia, tachocline e dinamo solare. La convezione turbolenta nel Sole: nuovo paradigma. La superficie solare: Sole quieto ed attivo. Lo spettro solare: formazione delle righe spettrali. Dinamica fotosferica e cromosferica. Dalla cromosfera alla corona solare: il problema del riscaldamento coronale. Flare ed Emissioni di Massa Coronale (CME). L'irradianza solare, la sua variabilità spettrale e temporale ed il clima terrestre. Telescopi per la Fisica Solare.

RELATIVITÀ E GRAVITAZIONE

6 CFU

Dott. A. Balbi

Fondamenti di Relatività generale e fisica della gravitazione. Soluzione di Schwarzschild. Collasso gravitazionale. Black Holes. Onde gravitazionali. Geometria, cinematica e dinamica cosmica, modelli di FRW. Corpo nero ed equilibrio termodinamico. Fondo di radiazione cosmica. Nucleosintesi primordiale.

COSMOLOGIA

6 CFU

Dott. P. Natoli

L'equazione dell'instabilità nel limite newtoniano. La lunghezza d'onda di Jeans. Fenomeni di diffusione e di free streaming. La funzione di correlazione e lo spettro di potenza delle fluttuazioni di densità. Statistica gaussiana e condizioni iniziali. Evoluzione dello spettro di potenza in modelli d'universo. La funzione di correlazione delle galassie. Anisotropia di dipolo del fondo cosmico e il "grande attrattore". Le anisotropie angolari del fondo cosmico in intensità e polarizzazione. L'effetto Sachs-Wolfe. Risultati da satelliti (COBE e WMAP) e palloni (BOOMERANG, MAXIMA B2K). Redshift Surveys.

Corsi a scelta

FISICA SPAZIALE

6 CFU

Docente da definire

Particelle cariche in campo magnetico. Cinture di Van Allen. Plasma diluito magnetizzato. Vento solare: modello di Parker, eliosfera. Campo geomagnetico e vento solare, magnetopausa, magnetosfera, coda geomagnetica. Attività solare ed effetti a terra, "substorm", tempeste magnetiche. Strumenti: magnetometri e analizzatori di particelle. Veicoli spaziali: alimentazione, telemetria, assetto. Volo spaziale: razzi, orbite, immissione in orbita, trasferimento di orbita, missioni

planetarie.

PLANETOLOGIA

6 CFU

Docente da definire

L'origine del Sistema Solare. Classificazione dei pianeti: proprietà generali, lune, sistemi di anelli. La struttura dinamica del Sistema Solare. Interni planetari. Superfici, atmosfere e magnetosfere planetarie. Riscaldamento solare ed energia di trasporto. I corpi minori: oggetti trans-nettuniani, comete, asteroidi, meteore e sciami meteorici. Missioni spaziali planetarie. Sistemi planetari e pianeti extra-solari.

ASTROFISICA GALATTICA

6 CFU

Docente da definire

Brevi Cenni Storici. Introduzione alle strutture cosmiche. Morfologia. Relazioni globali. Equilibri e Orbite: Le proprietà dinamiche delle galassie. Interazioni tra galassie. Formazione ed evoluzione in un contesto cosmologico. Proprietà osservative delle galassie lontane. La materia oscura: proprietà risultanti dalle osservazioni, abbondanza. Formazione ed Evoluzione degli Aloni di Materia Oscura. Statistica degli aloni di materia oscura Processi dinamici interni agli aloni di materia oscura. Proprietà degli aloni virializzati. Processi riguardanti il gas e la formazione stellare. La dipendenza dei processi galattici dall'ambiente. Le proprietà delle galassie nelle teorie gerarchiche: confronto con le osservazioni e problematiche. Cenni alla co-evoluzione di galassie e Nuclei Galattici Attivi.

ASTROFISICA EXTRAGALATTICA 2

6 CFU

Prof. P. Mazzotta

Struttura su grande scala dell'universo. Formazione e dinamica della ragnatela cosmica, degli ammassi e dei gruppi di galassie. Modelli semplici di collasso per la materia oscura. Fisica del gas intergalattico e intracluster. Meccanismi di riscaldamento e raffreddamento. Arricchimento chimico del gas intergalattico e intracluster. Osservazione degli ammassi di galassie nelle bande a raggi X e delle microonde, Ly_{α} e X-ray-forest. Stima della massa degli ammassi di galassie: metodi dinamici, osservazioni nelle bande a raggi X e delle microonde, lenti gravitazionali. Cosmologia con gli ammassi di galassie: funzione di massa, leggi di scala.

MECCANICA CELESTE

6 CFU

Docente da definire

Richiami di Meccanica Hamiltoniana. Integrabilità, integrali primi, simmetrie. Non integrabilità, instabilità, caos. Metodi analitici e numerici per lo studio di sistemi dinamici Hamiltoniani. Problema dei due corpi. Problema dei tre corpi. Problema degli N corpi. Moto in potenziali assegnati.

ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE

6 CFU

Docente da definire

Introduzione: storia dell'astronomia X e Gamma; strumenti collimati, strumenti ad immagine, risoluzione angolare, energetica e temporale. Fondamenti: meccanismi di emissione; stelle degeneri (nane bianche e stelle di neutroni); buchi neri; teoria dell'accrescimento. Sorgenti stellari compatte di radiazione X e Gamma: pulsar radio, binarie a raggi X, oggetti compatti isolati, magnetars. Cenni su emissione di alta energia da stelle non degeneri, resti di supernovae, e galassie del gruppo locale. Lampi di raggi gamma.

ONDE GRAVITAZIONALI

6 CFU

Prof. V. Fafone

Richiami di Relatività generale e di teorie metriche della gravitazione: quantità osservabili. Sorgenti astrofisiche di onde gravitazionali, forme d'onda previste ed informazioni ottenibili sperimentalmente. Fondo stocastico. Rivelatori terrestri e spaziali. Tecniche sperimentali utilizzate nei rivelatori risonanti e nei rivelatori interferometrici.

FISICA DELLE ASTROPARTICELLE

6 CFU

Prof. P. G. Picozza

I raggi cosmici: dati osservativi, meccanismi di generazione e modelli di propagazione. Raggi cosmici di altissima energia. Gamma di alta energia. Dati osservativi. Tecniche sperimentali di rivelazione dei raggi cosmici e dei raggi gamma. Il modello standard della fisica delle particelle. Simmetrie. Le condizioni di Sakharov e l'asimmetria dell'universo. Oltre il modello standard. L'astronomia del neutrino. Masse ed oscillazioni del neutrino. Le teorie di grande unificazione ed il Big Bang. Particelle supersimmetriche e materia oscura dell'universo. Tecniche di rivelazione della materia oscura. Corsi affini

COMPLEMENTI DI STATISTICA

2 CFU

Prof. D. Marinucci

Il corso si propone di introdurre alcune nozioni base per l'analisi statistica di processi stocastici stazionari. 1. Richiami di statistica e di probabilità. 2. Introduzione ai processi stazionari, modelli ARMA. 3. Analisi spettrale. 4. Stima della densità spettrale: il periodogramma. 5. Stima dei parametri: la verosimiglianza di Whittle.

ASTROBIOLOGIA

2 CFU

Dott.ssa D. Billi

Vita sulla Terra: aspetti geologici, chimici, biologici, planetari. Caratteristiche fondamentali dei sistemi viventi. Requisiti necessari per l'origine ed il mantenimento della vita. Possibilità di vita nel sistema solare: Venere, Marte, Titano, Europa, Callisto. Possibilità di vita al di fuori del sistema solare. Pianeti extrasolari. L'equazione di Drake. Il paradosso di Fermi. Il progetto SETI.
Crediti di Lingua/Informatica

CALCOLO AD ALTE PRESTAZIONI

3 CFU

Docente da definire

Che cosa è il calcolo ad alte prestazioni. Programmazione ed ottimizzazione. Processori paralleli in memoria condivisa. Processori paralleli scalabili. Benchmarking. Applicazioni: codici Ncorpi.

2°Anno II SEMESTRE

STAGE E TESI