

MANIFESTO DEGLI STUDI DELLA LAUREA MAGISTRALE IN

“FISICA”

TABELLA DEGLI INSEGNAMENTI

<i>Curriculum in ASTROFISICA</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Metodi Matematici della Fisica 2/A		FIS/02	8	Conoscenze approfondite relative alla teoria delle espansioni asintotiche, equazioni differenziali ordinarie ed a derivate parziali, operatori lineari su spazi di Hilbert. Capacità di calcolo dei termini “leading” col metodo del punto di sella, capacità di determinare la funzione di Green per operatori differenziali lineari, capacità di calcolo di trasformate di Fourier e Laplace, analisi e soluzione di problemi elementari della fisica-matematica. Capacità di calcolo dello spettro di un operatore lineare su uno spazio di Hilbert.
Meccanica Quantistica 2/A		FIS/02	8	Conoscenza dei principi della diffusione negli urti tra particelle con pacchetti d'onda, dell'analisi in onde parziale dell'ampiezza di diffusione. Conoscenza dei concetti di base della meccanica quantistica relativistica per particelle di spin zero e di spin un mezzo, in presenza del campo elettromagnetico.
Astrofisica Extragalattica I (<i>Extragalactic Astrophysics</i>)		FIS/05	6	Conoscenze fondamentali sulla struttura delle galassie e dei Nuclei Galattici Attivi, sulle loro proprietà emissive, sulla selezione di campioni statisticamente significativi, e sulla evoluzione delle sorgenti in un contesto cosmologico.
Astrofisica Stellare (<i>Stellar Astrophysics</i>)		FIS/05	6	Conoscenza approfondita dei meccanismi fisici e delle equazioni di conservazione degli interni stellari. Conoscenza degli input fisici (opacità, equazione di stato, sezioni d'urto) utilizzati per il calcolo dei modelli evolutivi. Conoscenze di base sulla formazione stellare. Conoscenze approfondite sulla traccia di Hayashi, sulle fasi di bruciamento centrale di idrogeno e sulla sequenza principale. Conoscenze approfondite sulle fasi di bruciamento centrale di elio, sui rami orizzontali e sui “blue loops”. Conoscenza dei meccanismi fisici che causano le oscillazioni stellari. Conoscenze approfondite sulle fasi evolutive avanzate ed in particolare sulle sequenze di raffreddamento delle nane bianche. Conoscenza delle proprietà evolutive e cinematiche dei sistemi stellari Galattici (ammassi aperti, ammassi globulari). Conoscenza approfondita delle proprietà evolutive delle popolazioni stellari semplici e complesse e dei parametri stellari (età, abbondanza di elio, funzione di massa iniziale, scala delle distanze) di interesse cosmologico.
Fisica della Gravitazione (<i>Gravitational Physics</i>)		FIS/01	6	Il principio di equivalenza. Misure della costante di Newton e dell'universalità della caduta libera dei gravi. Esperimenti e limiti sulle deviazioni dalla legge di Newton e sull'esistenza di ulteriori interazioni. Riduzione del rumore in esperimenti di precisione. Richiami di Relatività Generale. Teorie alternative e formalismo PPN. Verifiche sperimentali a terra e nello spazio. Gravitomagnetismo. Misura dell'effetto Lense-Thirring. Le onde gravitazionali nella Relatività Generale e in teorie alternative. Sorgenti astrofisiche di onde gravitazionali: supernovae, coalescenze di stelle di neutroni e di buchi neri, pulsars. Fondo stocastico di onde gravitazionali. Esperimenti di rivelazione delle onde gravitazionali a terra e nello spazio.
Fisica Solare Sperimentale (<i>Experimental Solar Physics</i>)		FIS/01	6	Concetti avanzati sugli effetti del seeing astronomico sulle osservazioni. Conoscenze di base sulle ottiche adattive e sulla strumentazione utilizzata in fisica solare.
Inglese (Corso Avanzato)		L-LIN/12	2	Consolidare nello studente sia le strategie di lettura che la competenza comunicativa nel campo dell'inglese scientifico, potenziare la capacità di produzione scritta e preparare lo studente “in order to function as members of the scientific community”
Laboratorio di Astrofisica (<i>Astrophysics Laboratory</i>)		FIS/01	6	Conoscenze di base di astrofisica sperimentale. Sistemi ottici reali ed aberrazioni statiche. Progettazione di un telescopio a due specchi. Effetti

				osservativi di una atmosfera statica. Filtri interferenziali e sistemi fotometrici. Rivelatori di piano focale (CCD e CMOS/APS). Calibrazione di CCD tramite PHT.
Processi Radiativi in Astrofisica (<i>Radiative Processes Astrophysics</i>)		FIS/05	6	Conoscenze approfondite dei principali processi radiativi di maggiore interesse per l'Astrofisica: equazione del trasporto radiativo, radiazione di corpo nero, radiazione di bremsstrahlung, radiazione di sincrotrone, effetto Compton ed effetto Sunyaev Zel'dovich.
Relatività e Cosmologia I (<i>Relativity and Cosmology 1</i>)		FIS/05	6	Conoscenza della relatività generale classica e degli strumenti del calcolo tensoriale; competenze mirate alla risoluzione di problemi semplici in relatività generale. Conoscenze dei modelli astrofisici che richiedono una trattazione general-relativistica (collasso gravitazionale, onde gravitazionali, cosmologia teorica) e delle osservazioni che consentono di validare questi modelli; competenze mirate alla predizione di alcuni osservabili dell'astrofisica e della cosmologia moderna.
Relatività e Cosmologia 2 (<i>Relativity and Cosmology 2</i>)		FIS/05	6	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. L'effetto di Sachs-Wolfe e i risultati del satellite Cobe.
<i>Esami a Scelta per il curriculum in ASTROFISICA</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Archivi Astronomici (<i>Astronomical Archives</i>)		FIS/05	6	Conoscenza del formato FITS dei dati astronomici e della struttura a livelli degli archivi. Conoscenza delle tecniche di creazione, gestione ed archiviazione di dati astronomici e della struttura dei database utilizzati. Conoscenza dei principali centri di dati astronomici e delle tecniche di accesso ed utilizzo dei dati di archivio (cross correlazioni di diversi cataloghi, costruzione di distribuzioni spettrali di energia multi-frequenza). Conoscenza dei tools di analisi scientifica interattiva di dati astronomici da archivio. Conoscenza dell'Osservatorio Virtuale (Virtual Observatory, VO): scopo, definizione degli standard internazionali, pubblicazione nel VO di cataloghi ed archivi, principali programmi.
Astrobiologia (<i>Astrobiology</i>)		BIO/10	6	I risultati di apprendimento previsti riguardano l'approfondimento dello stato dell'arte sull'origine della vita come noi la conosciamo sulla Terra e sulla sua ricerca altrove nell'universo, in particolare in alcuni siti specifici del sistema solare (Marte, lune di Giove e Saturno) e sui pianeti extrasolari: riguardo a questi ultimi si apprenderanno le tecniche usate con successo negli ultimi anni per la loro scoperta. Verranno inoltre acquisite le finalità delle sperimentazioni condotte in bassa orbita terrestre al fine di contribuire alle tematiche di ricerca dell'astrobiologia relative alla chimica prebiotica, alla tenacia di organismi terrestri nello spazio, all'identificazione di biosignature per la ricerca di vita in altri pianeti, della planetary protection e della litopanspermia.
Astrofisica delle Alte Energie (<i>High Energy Astrophysics</i>)		FIS/05	6	Il corso si prefigge di fornire gli strumenti teorici ed osservativi per lo studio degli oggetti compatti nella banda delle alte energie. Introduzione: storia dell'astronomia X e Gamma; contatori proporzionali, strumenti collimati, strumenti ad immagine, risoluzione angolare, energetica e temporale. Cenni di statistica dei segnali e di analisi temporale e spettrale nelle alte energie. Fondamenti: meccanismi di emissione e assorbimento; fisica della materia degenere e stelle degeneri (nane bianche e stelle di neutroni); cenni sulla fisica dei buchi neri; teoria dell'accrescimento, meccanismi di trasferimento di massa. Sorgenti stellari compatte di radiazione X e Gamma: pulsar radio, binarie a raggi X di piccola e grande massa, oggetti compatti isolati, magnetars, variabili cataclismiche. Cenni su emissione di alta energia da stelle non degeneri, resti di supernova e,

				AGN e galassie del gruppo locale. Lampi di raggi gamma. Esercitazione pratica di analisi dati nella banda X.
Astrofisica Extragalattica 2 (<i>Extragalactic Astrophysics</i>)		FIS/05	6	Conoscenza approfondita della teoria cosmologica di formazione ed evoluzione degli ammassi di galassie e della struttura su grande scala dell'Universo. Conoscenza dei meccanismi fisici che regolano la fisica del gas intergalattico. Conoscenza della teoria dell'effetto lente gravitazionale e delle relative applicazioni per lo studio degli ammassi di galassie.
Fisica Spaziale (<i>Space Physics</i>)		FIS/05	6	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.
Fisica Solare Teorica (<i>Theoretical Solar Physics</i>)		FIS/05	6	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.
Meccanica Celeste		FIS/05	6	La Meccanica Celeste è tradizionalmente una disciplina di fisica-matematica: Nell'ambito di un corso di studi di Astrofisica, l'attitudine verso questi metodi è maggiormente orientata alle applicazioni per la predizione di effetti osservabili. Si propone quindi di orientare lo studente nella scelta degli strumenti analitici e numerici adatti nelle varie situazioni, limitando al minimo indispensabile i dettagli degli aspetti formali. Classi di problemi affrontati con le tecniche avanzate della meccanica analitica: -- Dinamica Galattica (Integrali del moto, Distribuzione delle velocità,...) -- Dinamica dei corpi minori del Sistema Solare -- Sistemi planetari extra--solari (Elementi orbitali spesso molto diversi da quelli solari) -- Sistemi relativistici non integrabili (Sistemi binari, modelli cosmologici,...) Tecniche apprese: -- Metodi analitici per implementare metodi perturbative -- Metodi numerici per integrare le equazioni del moto
Onde Gravitazionali (<i>Gravitational Waves</i>)		FIS/05	6	Conoscenza approfondita degli aspetti di relatività generale in approssimazione di campo debole. Equazione d'onda per le onde gravitazionali (OG). Teorie metriche della gravitazione: quantità osservabili. Generazione di OG in relatività generale: radiazione di quadrupolo. Sorgenti astrofisiche di OG, forme d'onda previste ed informazioni ottenibili sperimentalmente. Esperimenti per la rivelazione di OG. Rivelatori terrestri e spaziali. Tecniche sperimentali utilizzate nei rivelatori risonanti e interferometrici. Tecniche di analisi dati per la ricerca di segnali gravitazionali.
Planetologia (<i>Planetology</i>)		FIS/05	6	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. Altri corpi: lune, oggetti transnettuniani, comete, asteroidi, e meteoroidi. Missioni spaziali planetarie. Sistemi planetari e pianeti extra-solari.
Popolazioni Stellari (<i>Stellar Populations</i>)		FIS/05	6	Gli studenti nel frequentare il corso di "Stellar Populations" acquisiranno una conoscenza dettagliata delle evidenze empiriche e dei modelli teorici alla base della formazione ed evoluzione delle

				popolazione stellari Galattiche. Acquisiranno inoltre conoscenze specifiche sulla formazione ed evoluzione delle galassie, sulla loro evoluzione chimica e sulle proprieta' dei sistemi stellari dell'Universo locale.
<i>Curriculum in FISICA</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Metodi Matematici della Fisica 2		FIS/02	9	Conoscenze approfondite relative alla teoria delle espansioni asintotiche, equazioni differenziali ordinarie ed a derivate parziali, operatori lineari su spazi di Hilbert. Capacità di calcolo dei termini "leading" col metodo del punto di sella, capacità di determinare la funzione di Green per operatori differenziali lineari, capacità di calcolo di trasformate di Fourier e Laplace, analisi e soluzione di problemi elementari della fisica-matematica. Capacità di calcolo dello spettro di un operatore lineare su uno spazio di Hilbert.
Meccanica Quantistica 2		FIS/02	9	Conoscenza dei principi della diffusione negli urti tra particelle con pacchetti d'onda, dell'analisi in onde parziale dell'ampiezza di diffusione e di metodi iterativi per la soluzione dei problemi di urto. Conoscenza dei concetti di base della meccanica quantistica relativistica per particelle di spin zero e di spin un mezzo, in presenza del campo elettromagnetico.
Struttura della Materia 2		FIS/03	6	Conoscenze di base della Fisica dello stato solido: strutture cristalline periodiche e metodi di rivelazione sperimentali, elettrone di Bloch, teoria e caratteristiche delle bande elettroniche (isolanti, metalli, semiconduttori) vibrazioni reticolari e fononi, semiconduttori
Inglese (Corso Avanzato)		L-LIN/12	3	Consolidare nello studente sia le strategie di lettura che la competenza comunicativa nel campo dell'inglese scientifico, potenziare la capacità di produzione scritta e preparare lo studente "in order to function as members of the scientific community"
<i>Esami a Scelta per il Curriculum di FISICA</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Cibernetica		FIS/01	6	Acquisizione delle basi matematiche per la modellizzazione di sistemi reali e per la realizzazione di apparati artificiali intelligenti: sistemi lineari e stazionari nel dominio del tempo e della frequenza; controlli a controreazione; teoria della probabilità; processi stocastici; teoria dell'informazione.
Elettronica 2		FIS/01	6	Risoluzione di circuiti lineari con il metodo della trasformata di Laplace. Elementi di teoria dei segnali. Serie e Trasformata di Fourier. Campionamento di segnali analogici. Fast Fourier Transform (FFT). Progettazione di amplificatori a più stadi. Componenti a microonde. Elementi di trasmissione dati. Circuiti base per la progettazione di sistemi elettronici avanzati. Modulazione dei segnali. Circuiti omodina, supereterodina e loro applicazioni.
Laboratorio di Elettronica (Electronics)		FIS/01	8	Gli argomenti presi in considerazione all'interno del corso riguardano due argomenti generali: 1) integrità del segnale analogico e digitale: verranno affrontati i problemi inerenti alla trasmissione dei segnali ad alta frequenza, 2) sviluppo di filtri digitali FIR, IIR e loro problematiche.
Microelettronica		FIS/01	6	Concetti di base della fisica dei dispositivi al silicio CMOS, delle corrispondenti equazioni elettriche fondamentali e degli aspetti tecnologici principali nella realizzazione dei dispositivi. Conoscenze per la progettazione di circuiti elettronici analogici, dalle strutture fondamentali di amplificatori a singolo stadio agli amplificatori differenziali, riferimenti di tensione/corrente, specchi di corrente e circuiti di comparatori per mezzo delle tecnologie basate prevalentemente sull'utilizzo di dispositivi CMOS. Acquisizione delle tecniche del flusso di progettazione, dalla simulazione dello schematico alla realizzazione e verifica del layout.
Elettronica Digitale		FIS/01	6	Sistemi di numerazione ed operazioni nelle varie rappresentazioni. Algebra booleana. Funzioni booleane. Funzioni in forma canonica e tecniche di riduzione a forma canonica. Minimizzazione delle

				funzioni booleane con metodi vari (algebrici, mappe di Karnaugh e Quine-McCluskey). Minimizzazione di un sistema di funzioni booleane. Tecniche di progetto dei circuiti combinatori. Comportamento dinamico dei circuiti combinatori, alee statiche e dinamiche. Metodi per l'eliminazione delle alee. Elementi di memoria. Tempi di setup e di hold, metastabilità. Macchine a stati di Mealy e di Moore. Tecniche di progetto di circuiti sequenziali sincroni. Circuiti sequenziali asincroni. Convertitori A/D e D/A. Famiglie logiche. Memorie. Elementi di trasmissione dati. Tecniche di progetto di sistemi digitali ad alta frequenza.
Fisica Biologica 2		FIS/07	6	Sequenze proteiche: allineamento e programmazione dinamica. Il sistema immunitario: mimesi molecolare e malattie autoimmuni. Evoluzione e costanti biologiche: 4 basi; 20 a.a.; a.a. levogiri; alpha.a.a.. La struttura secondaria: alpha-elica e beta-foglietto; idropaticità e Delta(G) di trasferimento; profili di idropaticità e anfipaticità; modello di Kauzmann. La struttura terziaria: Forze che guidano il folding. Le membrane biologiche: lipidi; micelle; Langmuir-Blodgett; lipid rafts. Le proteine di membrana. Tecniche spettroscopiche in biologia: limiti e potenzialità. Richiami di meccanica quantistica: teoria delle perturbazioni e sezioni d'urto. Spettroscopia di assorbimento ai raggi X: apparato sperimentale; analisi del segnale ed estrazione dei dati strutturali
Laboratorio di Fisica Biologica		FIS/07	6	Conoscenza teorica delle principali tecniche spettroscopiche utilizzate nello studio dei sistemi biologici. Capacità di effettuare esperimenti con alcune delle tecniche studiate e di analizzarne i dati. Conoscenza teorica e pratica della Dinamica Molecolare classica. Saper svolgere ed analizzare i dati di una simulazione di Dinamica Molecolare classica.
Fisica Medica		FIS/07	6	Conoscenza delle diverse tecniche di indagine anatomica e funzionale cerebrale. Approfondimento sulle tecniche di indagine bioelettrica: magneto ed elettro-encefalografia. Saper utilizzare su dati reali diverse tecniche di analisi, lineari e non, per lo studio della funzionalità cerebrale. Cenni sulla adronterapia e sulla interazione fra radiazione ionizzante carica e materia, con attenzione ai possibili effetti sulle funzioni cerebrali.
Misure ed Analisi di Biosegnali (<i>Measurement and Analysis of Biosignals</i>)		FIS/01	6	Analisi delle serie temporali: analisi di Fourier, analisi tempo-frequenza, wavelets. Inferenza statistica. Significatività e specificità dei test. Risposta evocata. Tecniche di averaging. Elettrodi. Tecniche di misura di deboli segnali. Rumore ed Interferenza. Amplificatori differenziali. Elementi di elettrofisiologia. Tecniche EEG, EMG, ECG. Fisiologia e diagnostica del sistema uditivo.
Modelli Matematici per i Biosistemi		MAT/07	6	Esposizione degli strumenti principali nella modellizzazione matematica di sistemi fisici e biologici: - Equazioni differenziali ordinarie, analisi qualitativa. - Equazioni a derivate parziali, equazioni di reazione-diffusione e formazione di strutture spaziali. - I processi stocastici fondamentali, random walk e diffusione lineare. - Fondamenti dell'analisi delle reti aleatorie, dal modello di Erdos-Renyi alle reti metaboliche.
Termodinamica dei Processi Irreversibili		FIS/01	6	Acquisizione delle nozioni di base relative alla descrizione termodinamica dei processi irreversibili e della termodinamica del non equilibrio. Conoscenza dei concetti di base relativi alla descrizione dei processi termodinamici non lineari e dell'insorgenza di dinamiche caotiche nella descrizione dei sistemi termodinamici fuori dall'equilibrio con particolare attenzione ai sistemi chimici.
Teoria dei Sistemi a Molti Corpi		FIS/07	8	Meccanica Statistica – Metodi stocastici – Integrale funzionale – Teoria del funzionale densità
Metodi Matematici della Fisica 3		FIS/02	6	Teoria dei Gruppi, rappresentazioni. Algebre infinite-dimensionali. Applicazioni in fisica. Elementi di Geometria Differenziale. Varietà riemanniane. Calcolo tensoriale. Applicazioni in fisica.
Teoria dei Campi e Particelle I		FIS/02	6	Teoria di campo classica: invarianti classiche e leggi di conservazione. Rappresentazioni del gruppo di Poincarè. Equazioni d'onda relativistiche. Quantizzazione del campo con l'integrale funzionale. Campi in interazione. Teoria perturbativa. Azione efficace. Rinormalizzazione e regolarizzazione.

				Costanti di accoppiamento running. Matrice S, formalismo LSZ.
Teoria dei Campi e Particelle 2		FIS/02	6	Invarianza di gauge. Caso abeliano e non abeliano. Quantizzazione del campo di gauge, metodo di Fadeev-Popov. QCD perturbativa. QCD su reticolo. Teoria delle perturbazioni chirali. Teorie efficaci dei quark pesanti. Rottura spontanea di una simmetria. Teorema di Goldstone. Meccanismo di Higgs. Il Modello Standard.
Complementi di Meccanica Statistica		FIS/03	6	Sistemi statistici disordinati: vetri di spin, reti neurali e teoria dell'ottimizzazione. Metodo delle repliche. Cenni sugli algoritmi numerici per la simulazione di sistemi disordinati e frustrati.
Introduzione alla Teoria delle Stringhe		FIS/02	6	Quantizzazione della stringa bosonica. Superfici di Riemann. Ampiezze di vuoto. Stringhe fermioniche e proiezioni GSO. Compattificazioni. Operatori di vertice, ampiezze di scattering e matrice S. Gruppo di rinormalizzazione e azione effettiva. Dualità di stringa e M-teoria.
Meccanica Statistica 2		FIS/03	6	Conoscenze di Meccanica Statistica dell'equilibrio e del non-equilibrio. Concetti fondamentali di transizioni di fase e tecniche di indagine di sistemi di spin. Equazione di Boltzmann e relazione con l'idrodinamica.
Supersimmetria		FIS/02	6	Introduzione alle rappresentazioni di Lorentz. Concetto di supercampo e sue applicazioni. Formulazione di Lagrangiane supersimmetriche per teorie di gauge non abeliane interagenti con la materia. Modello Standard delle particelle elementari e sue estensioni supersimmetriche.
Fenomenologia delle Particelle Elementari		FIS/02	6	Conoscenza delle predizioni del Modello Standard delle particelle elementari per alcuni processi tipici e loro confronto con risultati sperimentali, al fine di verificare il modello e vincolarne i parametri liberi (in particolare: carica forte, carica debole, masse dei quark, alcuni elementi di matrice CKM). Acquisizione/approfondimento dei metodi teorici più importanti per la fenomenologia delle particelle elementari: hamiltoniane effettive, sviluppi operatoriali a corta distanza, serie perturbative migliorate via gruppo di rinormalizzazione, approccio reticolare alla QCD.
Teorie Relativistiche e Supergravità		FIS/02	6	Buchi neri. Diagrammi di Penrose. Termodinamica dei buchi neri. Radiazione di Hawking. Generalizzazioni a $D > 4$. Supergravità $N=1$. Accoppiamenti di materia e rottura spontanea della supersimmetria locale. Cenni sulle supergravità estese e in $D > 4$. Supergravità in $D=11$.
Teorie di Gauge su Reticolo		FIS/06	6	Il corso discute in dettaglio la tecnica della discretizzazione dello spazio-tempo come strumento per la soluzione delle equazioni differenziali della fisica; la formulazione euclidea di una teoria di campo e la regolarizzazione reticolare per campi di spin 0, 1/2 e per i bosoni vettori delle interazioni di gauge; la teoria delle interazioni forti sul reticolo e la dimostrazione numerica di Wilson del fenomeno del confinamento dei quarks e dei gluoni; il calcolo delle masse degli stati adronici e gli elementi di matrice della Hamiltoniana debole tra tali stati; la rinormalizzazione di osservabili regolarizzate con un reticolo. Nel corso saranno anche descritte le tecniche algoritmiche più comunemente usate per estrarre informazioni quantitative dallo studio di sistemi statistici complessi tra cui, in particolare, una teoria di gauge sul reticolo.
Filosofia della Fisica		FIS/08	6	- - -
Teoria dei Sistemi Quantistici Fuori dall'Equilibrio		FIS/03	6	Introduzione alla teoria di sistemi quantistici interagenti e fuori dall'equilibrio. Lo strumento di indagine è quello delle funzioni di Green di nonequilibrio e il formalismo di Keldysh. Apprendimento della teoria perturbativa e dei diagrammi di Feynman con applicazioni a trasporto quantistico.
Microscopia e Nanoscopia		FIS/03	6	Conoscenza dei principi teorici e della strumentazione delle tecniche sperimentali più adatte a studiare le proprietà di nuovi materiali su scala nanometrica (Microscopia a Scansione di Sonda e Microscopia Elettronica, Tecniche di Spettroscopia Ionica e Ottica, Tecniche di Crescita Epitassiale, Nanolitografia basata sull'Autorganizzazione e la Nanostrutturazione

				Artificiale e Naturale dei Materiali). Si prevede che alla fine del corso gli studenti abbiano acquisito la capacità di correlare le conoscenze teoriche e sperimentali, relative alle specifiche proprietà dei materiali, alle peculiari caratteristiche delle più moderne tecniche di indagine applicabili.
Fisica dei Plasmi		FIS/03	6	Acquisizione delle conoscenze di base relative alla descrizione dei plasmi spaziali e di laboratorio: moto di particelle in campi elettromagnetici, descrizione cinetica e fluida dei plasmi, equazioni magnetoidrodinamiche, onde nei plasmi, instabilità di plasma, riconnessione magnetica. Concetti avanzati sull'evoluzione e descrizione dei plasmi: elicità magnetica e turbolenza magnetoidrodinamica.
Fisica dei Solidi		FIS/03	6	Acquisizione dei concetti di base riguardanti le proprietà dielettriche e ottiche, le proprietà di trasporto in campi elettrici e magnetici, elementi di magnetismo e la superconduttività di solidi cristallini.
Teoria dei Solidi		FIS/03	6	Introduzione a tematiche e metodi della ricerca teorica in Fisica della Materia.
Fisica dei Dispositivi a Stato Solido		FIS/03	6	Comprensione delle proprietà fisiche alla base del funzionamento dei principali dispositivi a stato solido con riferimento alle proprietà elettroniche ed ottiche dei semiconduttori. Capacità di mettere in relazione le caratteristiche fisiche dei materiali con i parametri di funzionamento del dispositivo.
Laboratorio di Fisica della Materia		FIS/01	6	Conoscenze approfondite delle metodologie sperimentali più diffuse nei moderni Laboratori Scientifici. In particolare si evidenzieranno le tecniche relative alla preparazione e alla caratterizzazione di superficie pulite di semiconduttori, metalli di transizione e leghe speciali utilizzate nel campo della ICT e della conversione fotovoltaica dell'energia solare.
Fisica dei Liquidi e dei Sistemi Disordinati		Fis/03	6	Conoscenza delle principali funzioni di risposta e di correlazione statica e dinamica dei liquidi semplici e molecolari. Comprensione dei principali effetti quantistici nelle proprietà microscopiche dei liquidi. Comprensione dei regimi di risposta microscopica ad bassi ed elevati vettori d'onda. Conoscenza di base delle principali tecniche sperimentali di misura dei fattori di struttura.
Ottica Quantistica		FIS/03	6	Acquisizione dei principi generali e della fenomenologia della radiazione elettromagnetica. Comprensione dell'interazione radiazione materia all'interno della teoria semiclassica e di quella quantistica. Saper collegare la visione microscopica e quella macroscopica dell'assorbimento (le costanti ottiche). Descrizione e dimostrazione (anche attraverso alcune simulazioni sperimentali) delle proprietà di coerenza del primo e del secondo ordine di varie sorgenti di luce.
Fisica dei Sistemi Semiconduttori a Bassa Dimensionalità		FIS/03	6	Introduzione del concetto di bassa dimensionalità nei solidi (Quasi-dimensioni). Realizzazione di strutture a bassa dimensionalità nei semiconduttori tramite crescita epitassiale e litografia. Effetti di dimensionalità in 0,1,2, e 3 dimensioni saranno discussi: la densità degli stati, Boltzmann e trasporti balistici, 1-d e 2-d gas di elettroni, Landauer-Büttiker formula. In particolare Quantum Wells (QW), Quantum Dots (QD), effetto Hall quantistico e il blocco di Coulomb saranno discussi. Ciò comprende la loro importanza per le tecniche di misurazione e della tecnologia moderna.
Fisica delle Basse Temperature		FIS/03	6	Principi fisici del raffreddamento di gas. Liquefazione e proprietà degli isotopi dell'elio. Scambiatori di calore, motori ad espansione, refrigeratori a diluizione. Smagnetizzazione adiabatica e nucleare. Termometria a basse temperature. Superconduttori del I e del II tipo. Proprietà magnetiche dei superconduttori, superconduttività debole (effetto Josephson).
Introduzione alla Crescita dei Cristalli		FIS/03	6	La forma del cristallo all'equilibrio. Cenni di geometria differenziale. Teorema di Wulff. Energia di superficie. Modello di Kossel. Formula di Herring. Costruzione di Andreev. Aspetti atomistici dei cristalli all'equilibrio. La nucleazione: teoria classica (termodinamica). La velocità di nucleazione: modello di Becker e Doring. Teoria atomistica della nucleazione. Stato stazionario. Modello di Kolmogorov-Johnson-Mehl-Avrami.

				Equazioni di velocità
Fisica delle Superfici (<i>Surface Physics</i>)		FIS/03	6	Conoscenza delle proprietà strutturali di superfici ed interfacce su scala mesoscopica e su scala atomica. Superfici ideali e reali: ricostruzione, rilassamento, difetti. Processi di superficie: assorbimento, diffusione, nucleazione. Tecniche di indagine strutturale. Conoscenza delle proprietà elettroniche delle superfici: stati di superficie e cenni ai vari metodi di calcolo. Tecniche spettroscopiche di indagine della struttura elettronica delle superfici. Conoscenza di modelli e tecniche di crescita epitassica di superfici e nanostrutture.
Teoria Quantistica della Materia		FIS/03	6	Conoscenze approfondite della teoria dei sistemi a molti corpi: atomi, molecole, biomolecole, solidi. Si studieranno le tecniche per determinare lo stato fondamentale (teoria del funzionale densità) e gli stati eccitati (teoria delle funzioni di Green). Sarà inoltre studiata la risposta a perturbazioni esterne per interpretare i risultati spettroscopici sperimentali.
Metodologie Sperimentali per la Ricerca dei Processi Rari		FIS/04	6	Conoscenza delle tecniche sperimentali per la rivelazione di processi rari. Conoscenza dei principali esperimenti presenti e futuri di fisica del neutrino, di materia oscura e di decadimenti rari previsti in estensioni del Modello Standard. Conoscenza delle principali sorgenti di fondo nei laboratori sotterranei. Capacità di progettazione di esperimenti di basso fondo intrinseco per la misura di processi rari
Fisica delle Particelle Elementari I		FIS/04	6	Interazioni adroniche e modello a quark. L'equazione di Dirac e le matrici γ . Richiami sui diagrammi di Feynman. Calcolo di una sezione d'urto. Test di QED. Cenni sui diagrammi di ordine superiore. Il Lamb shift e la misura del $(g-2)$. La teoria V-A. L'angolo di Cabibbo. Decadimento dei mesoni K neutri. Violazione di CP. Matrice CKM e triangolo di unitarietà. Modello a partoni. Scattering anelastico di leptoni. Funzioni di struttura. Test del Modello Standard. Osservazione del quark top. Oscillazioni dei neutrini.
Acceleratori di Particelle (<i>Particle Accelerators</i>)		FIS/04	6	Conoscenza degli aspetti fondamentali delle tecniche di accelerazione e trasporto dei fasci di particelle. Conoscenza delle prestazioni, applicazioni e caratteristiche di funzionamento delle principali tipologie di acceleratori di particelle. Conoscenza delle Equazioni del moto per una singola carica e un pacchetto di particelle attraverso campi elettrici e magnetici. Fenomenologia della emissione di radiazione da parte di cariche elettriche. Conoscenza delle più interessanti tecniche e soluzioni innovative per gli acceleratori di particelle attraverso l'esplorazione delle nuove applicazioni e delle attuali linee di ricerca e sviluppo.
Fisica delle Astroparticelle		FIS/05	6	Apprendimento delle nozioni basilari di cosmologia. Approfondimento delle tematiche attinenti ai raggi cosmici e dei concetti e delle problematiche teoriche e sperimentali relative all'antimateria, alla materia oscura, all'oscillazione dei neutrini, alle onde gravitazionali.
Laboratorio di Gravitazione		FIS/05	6	il metodo sperimentale: come si concepisce, costruisce, un esperimento, presa dati ed analisi. Concetti della trattazione statistica di segnale e rumore, spettri e filtri. Applicazione ad esperimenti classici di Gravitazione, sia classica (verifiche della legge di Newton, Principio di Equivalenza) che relativistica (i 4 test della Relatività Generale nel sistema solare). Misure in campo forte su stelle binarie; onde gravitazionali; effetti gravitomagnetici.
Radioattività (<i>Radioactivity</i>)		FIS/04	6	Conoscenza approfondita dei fenomeni di radioattività naturale e artificiale. Tecniche di rivelazione della radiazione. Elementi di dosimetria e progetto di schermature. Applicazione delle radiazioni in vari settori
Fisica dei Fluidi Complessi e Turbolenza		FIS/01	8	Conoscenze approfondite nel campo della fluidodinamica specialistica di fluidi omogenei e a più fasi. Capacità di risolvere problemi con derivate parziali e con condizioni al bordo non stazionarie. Nozioni di meccanica statistica del non equilibrio e di dinamica di sistemi caotici dissipativi.

Laboratorio di Fisica dell'Atmosfera		FIS/06	8	Conoscenze di base della fisica dello strato limite atmosferico (SLA) e delle tecniche di misura delle grandezze meteorologiche dello SLA. Capacità di effettuare l'analisi dei dati sperimentali.
Fisica del Neutrone e Applicazioni		FIS/03	6	Conoscenza delle proprietà dei neutroni e delle principali sorgenti di neutroni, delle componenti (targhette, moderatori, guide) e delle linee sperimentali. Comprensione della teoria della diffusione elastica ed inelastica di neutroni lenti ed inelastica di neutroni veloci (agli eV e ai MeV). Conoscenza della diffusione di neutroni lenti e veloci applicati allo studio della materia condensata e dei materiali: Radiografia (imaging) e tomografia neutronica, Soft Error nei dispositivi elettronici causati dall'interazione con neutroni atmosferici, Studio delle tensioni residue di bulk nei materiali e nei manufatti di interesse storico artistico
Fisica Nucleare		FIS/04	6	Conoscenza approfondita delle reazioni di diffusione elastica ed anelastica su nuclei e nucleoni. Elementi teorici relativi all'interazione nucleone-nucleone. Conoscenza della diffusione profondamente anelastica sui nucleoni anche nel caso di fasci e bersagli polarizzati. Tecniche di polarizzazione e misura dei bersagli polarizzati.
Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare <i>(Laboratory of Nuclear and Subnuclear Physics)</i>		FIS/01	8	Interazioni radiazione-materia. Rivelatori di particelle elementari. Esempi di utilizzo dei rivelatori per caratterizzare le particelle elementari.
Tecniche Sperimentali di Fisica Nucleare e Subnucleare <i>(Experimental Techniques for Nuclear and Subnuclear Physics)</i>		FIS/01	6	Conoscenza approfondita delle tecniche di rivelazione e misura delle proprietà delle particelle elementari agli esperimenti su acceleratori presenti e futuri. Progettazione di esperimenti di fisica delle alte energie basate su tecniche MonteCarlo.
Fisica Adronica		FIS/04	6	Correlazioni tra nucleoni. Matrici densità a uno e a più corpi. Metodi accurati per la determinazione dell'energia e delle funzioni d'onda per sistemi di pochi nucleoni. Diffusione quasi-elastica elettrone-nucleo. Funzioni di risposta non polarizzate e polarizzate. Funzione di scaling nucleare. Simmetria chirale. Covarianza di Poincaré. Equazioni covarianti per trasformazioni di Poincaré per sistemi di nucleoni interagenti. Modelli a quark e spettroscopia degli adroni. Funzioni di struttura partoniche generalizzate.
Fisica delle Particelle Elementari 2		FIS/04	6	Il Modello Standard ed il meccanismo di Higgs. Test del Modello Standard al Tevatron ed a LHC. La scoperta del Bosone di Higgs ad LHC. Ricerche di fisica oltre il Modello Standard ad LHC. Misure di precisione ai futuri Colliders.
Fisica Computazionale		FIS/01	8	Gli studenti dovrebbero acquisire la capacità di risolvere problemi fisici utilizzando il computer come strumento numerico. Durante il corso verranno affrontati i processi di costruzione di un modello attraverso la discussione di esempi non banali (equazioni differenziali ordinarie o alle derivate parziali) ed i problemi posti dalla loro soluzione numerica. In particolare verranno discusse le limitazioni dell'aritmetica dei calcolatori e come mitigare le instabilità numeriche associate. Il corso si prefigge anche di insegnare i rudimenti di programmazione scientifica in ambiente Linux, l'utilizzo di librerie numeriche e prospettive nello sviluppo di computazione parallela.
Telerilevamento		FIS/06	8	Definizione di 'missione satellitare' per lo studio dell'atmosfera e dell'oceano: dalla concezione della proposta allo sviluppo operativo. Orbite, metodi di scansione e descrizione della struttura dei principali strumenti utilizzati per il telerilevamento da satellite per lo studio dell'atmosfera e dell'oceano. Discussione dei fattori limitanti al prodotto geofisico derivati dagli aspetti strumentali (orbita-scansione-strumento). Nozioni di trasferimento radiativo utili per le applicazioni d'interesse nell'intervallo dello spettro elettromagnetico derivante: sorgenti di radiazione, processi radiativi. Equazione del trasporto radiativo e suo sviluppo in casi limite d'interesse. Modelli di trasferimento radiativo e database di variabili d'interesse. Esempi di metodi d'inversione applicati a variabili atmosferiche ed oceaniche.
Modellistica Numerica		FIS/01	8	Capacità di utilizzare modelli matematici e numerici con applicazione alle scienze ambientali. Comprensione dei processi fisici e formulazione di

				modelli matematici per l'analisi e la previsione della dinamica atmosferica e della variabilità climatica.
Chemodinamica dell'Atmosfera		FIS/06	8	Conoscenza dei componenti in tracce (sia gassosi, sia aerosol) presenti in atmosfera, analisi di molecole rilevanti e della relativa dinamica in troposfera e stratosfera. Comprensione di processi chiave e fattori forzanti, da tempi di vita e scale spazio-temporali, a sorgenti, processi di trasformazione e sinks degli inquinanti. Valutazione dei legami fra dinamica della composizione atmosferica, inquinamento atmosferico e qualità dell'aria (ed effetti sulla salute), e cambiamenti climatici globali. Analisi di dati sperimentali, applicazione di metodologie numeriche, discussione e sintesi di risultati.
<i>Curriculum in PHYSICS FOR INSTRUMENTATION AND TECHNOLOGY</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Mathematical Methods for Physics		FIS/02	8	Capacità di calcolo dello spettro e di funzioni di un operatore lineare su spazi lineari di dimensione finita ed infinita. Capacità di calcolo di trasformate di Fourier e Laplace. Capacità di soluzione di equazioni differenziali lineari di primo e secondo ordine con il metodo delle funzioni di Green.
Quantum Mechanics		FIS/02	8	The Schroedinger equation. Operators and matrices. Dirac equation. Pauli matrices. Angular momentum. Spin. Variational and WKB methods. Time independent and time dependent perturbation theory. Scattering theory. Many electrons systems. The Born Oppenheimer approximation. Thomas Fermi approximation. Hartree and Hartree-Fock methods. Density functional theory. Density matrix. The Path integral formulation.
Statistical Techniques for Science and Tecnology		MAT/06	6	The course provides a basic introduction to the most relevant statistical tools for data analysis in physics. This includes, in particular, a review of asymptotic theory, the analysis of estimators and their asymptotic properties, and some elements for the analysis of stationary time series and stochastic processes.
Materials Science		FIS/03	8	Materials cycle. The forces of cohesion. Condensation of matter, crystal, glass and various forms of aggregation of the condensed state. X-ray diffraction and other microscopic structural techniques. Molecular structure of polymers. Deformation of a material. Defects, dislocations and grain boundaries. Alloys and phase diagrams. Diagram Fe-Carbon. Ceramic alloys. Strength of materials. Plastic deformation of materials. Thermal conductivity. Electrical conductivity of the materials. Semiconductors, metals, superconductors. Nanotechnology and applications in micro and nano-electronics and optoelectronics.
Nuclear Sciences and Applications		FIS/04	6	Energy and human development. Nuclear Energy: Fission and Fusion. Principles of operation of a Fission Reactor. Breeder reactors and the SuperPhoenix. Energy from Fusion. Magnetic and Inertial confinement. The Energy Amplifier. The military applications of Nuclear Energy. Nuclear Magnetic Resonance, NMR: Nuclear Magnetization and radio frequency transitions. Nuclear relaxation. Magnetic Resonance Imaging, MRI, and its applications in medicine. Radio-Carbon dating. Detection of the radioactive decay of Carbon 14 and Accelerator Mass Spectrometry. Hadron Therapy for cancer treatment. The effect of ionizing radiation on human tissues. Protons and Heavy ions vs X-rays. The production of gamma-ray beams: Bremsstrahlung, Coherent Bremsstrahlung, Positron annihilation, Compton scattering in flight.
Modern Applied Physics		FIS/01	8	- - -
Italiano o Inglese		/	2	- - -
<i>Piano di Studi "NEUTRONS"</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Neutron Instrumentation and Technologies		FIS/03	6	Knowledge of basic properties of neutron, neutron interactions with matter, thermal neutron scattering and instrumentation design principles. Comprehension of neutron sources, neutron instrumentation and scattering components. Knowledge and comprehension of theory of neutron scattering.

				Knowledge of principles of diffraction-powder diffraction, small angle neutron scattering-Reflectometry; Scattering - quasi-elastic, inelastic, deep inelastic, Magnetic scattering, Spin-echo. Knowledge of challenges for the new generation experiments
Applications of Neutron Instrumentation to Soft Matter		FIS/03	6	Knowledge of applications of neutron instrumentation and technologies to the investigation of soft matter. Knowledge and comprehension of structure and quantum proton dynamics in water in confined geometry and in bulk, in protein and in DNA. Knowledge of structural properties of polymers; colloids and microemulsions. Knowledge of characterization of advance fuel cell and hydrogen storage materials.
Neutron Instrumentation to Chip Irradiation and Cultural Heritage		FIS/03	6	Knowledge of application of neutron instrumentation and technologies in new areas of interest, trends and challenges of materials: imaging with thermal and eV neutrons of artefact of historical interest-ceramics, metals, marbles, papyri; knowledge of the basic concepts for the measurements of strain, texture, radiography and imaging of materials. Knowledge and comprehension of chip irradiation at neutrons with MeV energy: accelerated test-Fast neutron irradiation-of electronics devices for application to avionic and transport.
<i>Piano di Studi "DETECTORS"</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Particle accelerators for science and interdisciplinary applications		FIS/01	6	Knowledge of the fundamental aspects of the techniques of acceleration and transport of particle beams and their characterization. Knowledge of the most relevant classes of particle accelerators, the technologies involved, their performance and their applications. Basic knowledge of the theory and modelling of beamlines, magnetic lattices and acceleration systems; introduction to mathematical methods for p.a. design and simulation. Basic knowledge of the particle accelerator as a cutting-edge instrument for multidisciplinary research and applications: synchrotron sources, FEL, hadrontherapy, neutron science, nuclear waste treatment. Basic knowledge of the most promising and innovative techniques for particle accelerators and current lines of research and development.
Space Instruments		FIS/01	6	Knowledge of Interaction of radiation with matter. Study of various detector technologies and techniques in space. Case studies of instruments and instrumentations on board satellites, probes and space stations. Introductory knowledge of orbital dynamics and launch of satellites and interplanetary probes. Introduction to the Sun, Space weather, the radiation environment in space and cosmic rays.
Underground Technologies		FIS/04	6	Basic knowledge of the main research fields in underground Laboratories. Principles of techniques for measurements and reduction of radioactive trace contaminants in detectors' materials. Knowledge of the main techniques for suppression of various sources of background and of the intrinsic limitations of reduction procedures. Basics on detectors requirements for the specific fields of underground researches. Elements on detectors developments and perspectives.
Visible and Infrared Observations from Space		FIS/05	6	- - -
<i>Piano di Studi "NANOTECHNOLOGIES"</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Nanoscale Technologies and Devices		FIS/03	6	
Epitaxial Growth of Crystals and Nanostructures		FIS/03	8	Knowledge on growth techniques and growth reactors. Fundamentals on techniques used for the growth monitoring. Knowledge of the physics of the growth processes and of the relevance of the growth techniques for the development of new materials and advances in nanotechnology. Laboratory experiences on growth techniques.

Chemistry for Nanomaterials and Nanotechnologies		CHIM/03	6	---
Applied Physical Chemistry		CHIM/01	6	---
Surface Science in Vacuum and Liquids		FIS/03	6	---
<i>Piano di Studi "RADIOPROTECTION and HADROTHERAPY"</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Dosimetry and radioprotection		FIS/07	6	---
Ionizing radiation for nuclear medicine and radiation therapy		FIS/07	6	---
<i>Piano di Studi "INNOVATIVE MATERIALS"</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Advanced Characterization of Materials: Techniques and Applications		FIS/03	6	Prerequisite knowledge: Solid State Physics. Description: This course provides an understanding of the concepts, instrumentation, and experimental techniques useful to probe the properties of the matter at the nanoscale. A variety of advanced Scanning Probe Microscopy (SPM) techniques such as Scanning Tunneling Microscopy (STM), Atomic Force Microscopy (AFM) and Near-Field Scanning Optical Microscopy (NSOM) will be studied. Then a look towards the transmission electron microscopy (TEM), the scanning electron microscopy (SEM), the ion-based techniques (Focused ion Beam (FIB)) and the Optical Techniques (Reflection Anisotropy Spectroscopy, Raman Spectroscopy) is offered. Finally the Nanolithography, the Self Assembly and Self organization and other Nanomaterials and Nanostructures are studied. Theoretical lectures as well as practical lessons in different laboratories of our department will compose the course.
Biomacromolecules and Biochemical Processes		BIO/10	6	---
Ceramic and Composite Materials		CHIM/05	6	---
<i>Piano di Studi "BIOLOGICAL APPLICATIONS"</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Advanced Instrumentation for Biochemical Processes		BIO/10	6	---
Genomics and Proteomics		BIO/18	6	---
Spectroscopic techniques for protein investigation		BIO/11	6	---
<i>Piano di Studi "CHEMICAL APPLICATIONS"</i>				
Insegnamento	Moduli	SSD	CFU	Risultati d'apprendimento previsti
Chemical Sensors		CHIM/01	6	---
Applied Physical Chemistry		CHIM/02	6	---
Methods for Structural Determination		BIO/10	6	---

TABELLA DELLE PROPEDEUTICITA'

Gli esami con lo stesso nome seguito da un numero progressivo si intendono vincolati da propedeuticit .

PROGRAMMAZIONE DIDATTICA PER CIASCUN CURRICULUM

Curriculum "ASTROFISICA"

<i>Primo Anno - Primo Semestre</i>										
Attivit� formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem.	Ore lab.	Ore eser.	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame
Metodi Matematici della Fisica 2/A <i>Dr. Gianfranco Pradisi</i>	FIS/02	8	48			20		CM	I.B	AP
Meccanica Quantistica 2/A <i>Prof. Emanuele Pace</i>	FIS/02	8	48			20		CM	I.B	AP
Laboratorio di Astrofisica <i>(Astrophysics Laboratory)</i> <i>Prof. Francesco Berrilli</i>	FIS/01	6	32		30			CM	I.B	AP

Processi Radiativi in Astrofisica (Radiative Processes Astrophysics) Prof. Pasquale Mazzotta	FIS/05	6	48						CM	5.B	AP
Astrobiologia (Astrobiology) Dr. Amedeo Balbi	BIO/10	6	48						CM	5.A	AP
Primo Anno - Secondo Semestre											
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem	Ore lab.	Ore eser	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame	
Relatività e Cosmologia 1 (Relativity and Cosmology 1) Prof. Nicola Vittorio	FIS/05	6	48					CM	I.B	AP	
Fisica Solare Sperimentale (Experimental Solar Physics) Dr. Dario Del Moro	FIS/01	6	32		30			CM	I.B	AP	
Astrofisica Stellare (Stellar Astrophysics) Dr. Santi Cassisi (Oss. Teramo)	FIS/05	6	48					CM	I.B	AP	
Astrofisica Extragalattica 1 (Extragalactic Astrophysics 1) Prof. Fausto Vagnetti	FIS/05	6	48					CM	I.B	AP	
Popolazioni Stellari (Stellar Populations) Dr. Luigi Pulone (Oss. Roma)	FIS/05	6	48					CM	5.B	AP	
Inglese (Corso Avanzato) Docente da definire	L-Lin/12	2	16					CM	5.D	AM	
Meccanica Celeste Dr. Giuseppe Pucacco	FIS/05	6	48					CM	5.A	AP	
Secondo Anno - Primo Semestre											
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem	Ore lab.	Ore eser	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame	
Relatività e Cosmologia 2 (Relativity and Cosmology 2) Prof. Nicola Vittorio	FIS/05	6	48					CM	5.B	AP	
Fisica della Gravitazione (Gravitational Physics) Prof. Eugenio Coccia	FIS/01	6	48					CM	I.B	AP	
Fisica Solare Teorica (Theoretical Solar Physics) Prof. Francesco Berrilli	FIS/05	6	48					CM	5.A	AP	
Astrofisica delle Alte Energie (High Energy Astrophysics) Dr. Gianluca Israel (INAF)	FIS/05	6	48					CM	5.A	AP	
Onde Gravitazionali (Gravitational Waves) Prof. ^{ssa} Viviana Fafone	FIS/05	6	48					CM	5.A	AP	
Planetologia (Planetology) Dr. ^{ssa} Elisabetta Dotto (INAF)	FIS/05	6	48					CM	5.A	AP	
Fisica Spaziale (Space Physics) Dr. Marco Tavani (INAF)	FIS/05	6	48					CM	5.A	AP	
Archivi Astronomici (Astronomical Archives) Dr. Matteo Perri (INAF)	FIS/05	6	36			15		CM	5.A	AP	
Astrofisica Extragalattica 2 (Extragalactic Astrophysics 2) Prof. Pasquale Mazzotta	FIS/05	6	48					CM	5.A	AP	
Secondo Anno - Secondo Semestre											
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem	Ore lab.	Ore eser	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame	
TESI	-	36									

Curriculum "FISICA" insegnamenti comuni a tutti i Piani di Studio

Primo Anno - Primo Semestre											
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem.	Ore lab.	Ore eser.	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame	
Metodi Matematici della Fisica 2 Dr. Gianfranco Pradisi	FIS/02	9	56			20		CM	I.B	AP	
Meccanica Quantistica 2 Prof. Emanuele Pace	FIS/02	9	56			20		CM	I.B	AP	
Struttura della Materia 2 Prof. Massimo Fanfoni	FIS/03	6	48					CM	I.B	AP	
Primo Anno - Secondo Semestre											
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem.	Ore lab.	Ore eser.	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame	
Inglese (Corso Avanzato) Docente da definire	L-Lin/12	2	16					CM	5.D	AM	

Esami a Scelta per il Curriculum FISICA

Primo Anno - Primo Semestre										
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem	Ore lab.	Ore eser	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame
Fisica dei Plasmi <i>Dr. Giuseppe Consolini (INAF)</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Microscopia e Nanoscopia <i>Prof.^{SSO} Anna Sgarlata</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Primo Anno - Secondo Semestre										
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem	Ore lab.	Ore eser	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame
Cibernetica <i>Dr. Alessandro Drago (INFN)</i>	FIS/01	6	48					CM	5.B	AP
Laboratorio di Elettronica (Electronics) <i>Dr. Paolo Camarri</i>	FIS/01	8	48		30			CM	I.B	AP
Elettronica 2 <i>Dr. Roberto Cardarelli (INFN)</i>	FIS/01	6	48					CM	5.B	AP
Microelettronica <i>Dr. Davide Badoni (INFN)</i>	FIS/01	6	48					CM	5.B	AP
Fisica Biologica 2 <i>Prof.^{SSO} Silvia Morante</i>	FIS/07	6	48					CM	5.B	AP
Laboratorio di Fisica Biologica <i>Dr.^{SSO} Vella Minicozzi</i>	FIS/07	6	48					CM	5.B	AP
Fisica Medica <i>Prof. Livio Narici</i>	FIS/07	6	48					CM	5.B	AP
Misure ed Analisi di Biosegnali (Measurement and Analysis of Biosignal) <i>Dr. Arturo Moleti</i>	FIS/01	6	48					CM	5.B	AP
Modelli Matematici per i Biosistemi <i>Prof. Livio Triolo</i>	MAT/07	6	48					CM	5.B	AP
Termodinamica dei Processi Irreversibili <i>Dr. Giuseppe Consolini (INAF)</i>	FIS/01	6	48					CM	5.B	AP
Metodi Matematici della Fisica 3 <i>Dr. Yassen Stanev (INFN)</i>	FIS/02	6	48					CM	5.B	AP
Teoria dei Campi e Particelle 1 <i>Prof. Roberto Petronzio</i>	FIS/02	6	48					CM	5.B	AP
Teoria dei Campi e Particelle 2 <i>Prof. Roberto Petronzio</i>	FIS/02	6	48					CM	5.B	AP
Complementi di Meccanica Statistica <i>Dr. Gaetano Salina (INFN)</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Introduzione alla Teoria delle Stringhe <i>Dr. Francisco Morales Morera (INFN)</i>	FIS/02	6	48					CM	5.B	AP
Meccanica Statistica 2 <i>Prof.^{SSO} Rossana Marra</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Fisica dei Solidi <i>Prof. Adalberto Balzarotti</i>	FIS/03	6	48					CM	I.B	AP
Teoria dei Solidi <i>Prof. Michele Cini</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Laboratorio di Fisica della Materia <i>Prof. Claudio Goletti</i>	FIS/01	8	48		30			CM	I.B	AP
Fisica dei Liquidi e dei Sistemi Disordinati <i>Dr. Roberto Senesi</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Ottica Quantistica <i>Prof. Mauro Casalboni</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Fisica dei Sistemi Semiconduttori a Bassa Dimensionalità <i>Dr. Matteo Salvato</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Fisica delle Basse Temperature <i>Prof. Matteo Cirillo</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Introduzione alla Crescita dei Cristalli <i>Dr. Fabrizio Arciprete</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Fisica delle Superfici (Surface Physics) <i>Prof.^{SSO} Fulvia Patella</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Fisica del Neutrone e Applicazioni <i>Prof.^{SSO} Carla Andreani</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Metodologie Sperimentali per la Ricerca dei Processi Rari <i>Dr. Pierluigi Belli (INFN)</i>	FIS/04	6	48					CM	5.B	AP
Fisica delle Particelle Elementari I <i>Prof. Giovanni Carboni</i>	FIS/04	6	48					CM	5.B	AP

Acceleratori di Particelle (<i>Particle Accelerators</i>) Dr. Alessandro Cianchi	FIS/04	6	48					CM	5.B	AP
Fisica delle Astroparticelle Prof. ^{SSO} Rita Bernabei	FIS/05	6	48					CM	I.B	AP
Laboratorio di Gravitazione Prof. Massimo Bassan	FIS/05	6	48					CM	5.B	AP
Fisica dei Fluidi Complessi e Turbolenza Prof. Luca Biferale	FIS/01	8	64					CM	5.B	AP
Laboratorio di Fisica dell'Atmosfera Docente da definire	FIS/06	8	48		30			CM	5.B	AP
<i>Secondo Anno - Primo Semestre</i>										
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem	Ore lab.	Ore eser	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame
Elettronica Digitale Dr. Andrea Salamon (INFN)	FIS/01	6	48					CM	5.B	AP
Teoria dei Sistemi a Molti Corpi Prof. Giancarlo Rossi	FIS/07	8	64					CM	I.B	AP
Supersimmetria Dr. Francesco Fucito (INFN)	FIS/02	6	48					CM	5.B	AP
Fenomenologia delle Particelle Elementari Docente da definire	FIS/02	6	48					CM	5.B	AP
Teorie Relativistiche e Supergravità Docente da definire	FIS/02	6	48					CM	5.B	AP
Teorie di Gauge su Reticolo Dr. Nazario Tantalò	FIS/02	6	48					CM	5.B	AP
Fisica Teorica Specialistica Vari Docenti	FIS/02	6	48					CM	5.B	AP
Teoria dei Sistemi Quantistici fuori dall'Equilibrio Dr. Gianluca Stefanucci	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Teoria Quantistica della Materia Prof. ^{SSO} Olivia Pulci	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Radioattività (<i>Radioactivity</i>) Prof. ^{SSO} Rita Bernabei	FIS/04	6	48					CM	5.B	AP
Fisica Nucleare Prof. ^{SSO} Annalisa D'Angelo	FIS/04	6	48					CM	5.B	AP
Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare (<i>Laboratory of Nuclear and Subnuclear Physics</i>) Prof. ^{SSO} Anna Di Ciaccio	FIS/01	8	48		30			CM	I.B	AP
Tecniche Sperimentali della Fisica Nucleare e Subnucleare (<i>Experimental Techniques for Nuclear and Subnuclear Physics</i>) Prof. ^{SSO} Anna Di Ciaccio	FIS/01	6	48					CM	5.B	AP
Fisica Adronica Prof. Emanuele Pace	FIS/04	6	48					CM	5.B	AP
Fisica delle Particelle Elementari 2 Prof. ^{SSO} Anna Di Ciaccio	FIS/04	6	48					CM	5.B	AP
Fisica Computazionale Dr. Alessandro Pecchia (CNR)	FIS/01	8	64					CM	I.B	AP
Telerilevamento Dr. Gianluigi Liberti (CNR)	FIS/06	8	64					CM	5.B	AP
Modellistica Numerica Dr. ^{SSO} Chiara Cagnazzo (ISAC-CNR)	FIS/01	8	48		20			CM	??	AP
Chemodinamica dell'Atmosfera Dr. ^{SSO} Francesca Costabile (CNR)	FIS/06	8	64					CM	5.B	AP

Curriculum "PHYSICS FOR INSTRUMENTATION AND TECHNOLOGY"

<i>Primo Anno - Primo Semestre</i>										
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem	Ore lab.	Ore eser	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame
Mathematical Methods for Physics Dr. Roberto Frezzotti	FIS/02	8	48			20		CM	I.B	AP
Quantum Mechanics Dr. ^{SSO} Giulia Maria De Divitiis	FIS/02	8	48			20		CM	I.B	AP
Statistical Techniques for Science and Technology Prof. Domenico Marinucci	MAT/06	6	48					CM	5.B	AP
Ceramic and Composite Materials Docente da definire	CHIM/05	6	48					CM	5.B	AP

Primo Anno - Secondo Semestre										
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem	Ore lab.	Ore eser	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame
Materials Science <i>Prof. Maurizio De Crescenzi</i>	MAT/03	8	48		30			CM	I.B	AP
Neutron Instrumentation and Technologies <i>Docente da definire</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Nuclear Sciences and Applications <i>Docente da definire</i>	FIS/04	6	48					CM	5.B	AP
Applications of Neutron Instrumentation to Soft Matter <i>Docente da definire</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Applications of Neutron Instrumentation to Chip Irradiation and Cultural Heritage <i>Prof.^{SSD} Carla Andreani</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Particle accelerators for science and interdisciplinary applications <i>Dr. Luciano Catani (INFN)</i>	FIS/01	6	48					CM	5.B	AP
Underground Technologies <i>Prof.^{SSD} Rita Bernabei</i>	FIS/04	6	48					CM	5.B	AP
Visible and Infrared Observations from Space <i>Dr.^{SSD} Anna Maria Di Giorgio (IFSI-INAF)</i>	FIS/05	6	48					CM	5.B	AP
Secondo Anno - Primo Semestre										
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem	Ore lab.	Ore eser	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame
Modern Applied Physics <i>Prof. Claudio Goletti</i>	FIS/01	8	48		30			CM	5.B	AP
Biomacromolecules and Biochemical Processes <i>Docente da definire</i>	BIO/10	6	48					CM	5.B	AP
Space Instruments <i>Dr. Marco Casolino (INFN)</i>	FIS/01	6	48					CM	5.B	AP
Advanced Characterization of Materials: Techniques and Applications <i>Prof.^{SSD} Anna Sgarlata</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Nanoscale Technologies and Devices <i>Docente da definire</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Epitaxial Growth of Crystals and Nanostructures <i>Dr. Ernesto Placidi (CNR)</i>	FIS/03	8	48		30			CM	5.B	AP
Chemistry for Nanomaterials and Nanotechnologies <i>Docente da definire</i>	CHIM/03	6	48					CM	5.B	AP
Applied Physical Chemistry <i>Docente da definire</i>	CHIM/01	6	48					CM	5.B	AP
Surface Science in Vacuum and Liquids <i>Docente da definire</i>	FIS/03	6	48					CM	5.B	AP
Dosimetry and Radioprotection <i>Docente da definire</i>	FIS/07	6	48					CM	5.B	AP
Ionizing Radiation for Nuclear Medicine and Radiation Therapy <i>Docente da definire</i>	FIS/07	6	48					CM	5.B	AP
Advanced Instrumentation for Biochemical Processes <i>Docente da definire</i>	BIO/10	6	48					CM	5.B	AP
Genomics and Proteomics <i>Docente da definire</i>	BIO/18	6	48					CM	5.B	AP
Spectroscopic Techniques for Protein Investigation <i>Docente da definire</i>	BIO/11	6	48					CM	5.B	AP
Chemical Sensors <i>Docente da definire</i>	CHIM/01	6	48					CM	5.B	AP
Applied Physical Chemistry <i>Docente da definire</i>	CHIM/02	6	48					CM	5.B	AP
Methods for Structural Determination <i>Docente da definire</i>	BIO/10	6	48					CM	5.B	AP
Secondo Anno - Secondo Semestre										
Attività formativa	SSD	Cfu	Ore aula	Ore sem	Ore lab.	Ore eser	Ore altro	Tipo Ins.	Ambito	Esame
Italiano o Inglese <i>Docente da definire</i>	---	2	16					CM	5.D	AP

Leggenda tipi di insegnamento

Sigla	Tipologia insegnamento
CI	Corsi integrati
CM	Corsi monodisciplinari
LP	Laboratori progettuali

Leggenda attività formative

Sigla	Attività formativa
I.A	Attività formative relative alla formazione di base
I.B	Attività formative caratterizzanti la classe
5.A	Attività formative autonomamente scelte dallo studente (art.10, comma 5, lettera a)
5.B	Attività formative affini o integrative (art.10, comma 5, lettera b)
5.C	Attività formative relative alla preparazione della prova finale (art.10, comma 5, lettera c)
5.D	Ulteriori attività formative (art.10, comma 5, lettera d)
5.E	Attività formative relative a stages e tirocini formativi (art.10, comma 5, lettera e)

Leggenda tipologie prove d'esame

Sigla	Tipologia prova
EL	Esame di laurea
AF	Attestato di frequenza
AM	Attestato di merito
AP	Attestato di profitto

* ATTIVITÀ A SCELTA DELLO STUDENTE, ATTIVITÀ PER LA CONOSCENZA DI UNA LINGUA DELL'UNIONE EUROPEA, ULTERIORI ATTIVITÀ FORMATIVE, ATTIVITÀ PER STAGES E TIROCINI PRESSO IMPRESE, ENTI PUBBLICI O PRIVATI, ORDINI PROFESSIONALI

1. CALENDARIO DELLO SVOLGIMENTO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE

Calendario dei Semestri			
<i>Primo Semestre:</i>	<i>1 e 2 Anno</i>	<i>dal 01 ottobre 2012</i>	<i>al 12 gennaio 2013</i>
<i>Secondo Semestre:</i>	<i>1 e 2 Anno</i>	<i>dal 04 marzo 2013</i>	<i>al 07 giugno 2013</i>
Calendario degli Esami			
<i>Sessione Estiva Anticipata</i>		<i>dal 28 gennaio 2013</i>	<i>al 01 marzo 2013</i>
<i>Sessione Invernale</i>		<i>dal 28 gennaio 2013</i>	<i>al 01 marzo 2013</i>
<i>Sessione Estiva</i>		<i>dal 10 giugno 2013</i>	<i>al 31 luglio 2013</i>
<i>Sessione Autunnale</i>		<i>dal 02 settembre 2013</i>	<i>al 28 settembre 2013</i>

2. TERMINI DI PRESENTAZIONE DEI PIANI DI STUDIO

Lo studente dovrà comunicare la scelta del Curriculum immediatamente dopo l'iscrizione

Gli studenti del curriculum in "Astrofisica" dovranno presentare il Piano di Studi entro il 31 gennaio del I anno

Gli studenti del curriculum in "Fisica" dovranno presentare il Piano di Studi immediatamente dopo l'iscrizione

Gli studenti del curriculum in "Physics for Instrumentation and Technology" dovranno presentare il Piano di Studi immediatamente dopo l'iscrizione