FISICA (LM38)

(Lecce - Università degli Studi)

Insegnamento FISICA ASTROPARTICELLARE

GenCod A004137

Docente titolare Paolo BERNARDINI

Insegnamento FISICA ASTROPARTICELLARE

Insegnamento in inglese ASTROPARTICLE PHYSICS

Settore disciplinare FIS/04

Corso di studi di riferimento FISICA

Tipo corso di studi Laurea Magistrale

Crediti 7.0

Ripartizione oraria Ore Attività frontale: 49.0

Per immatricolati nel 2021/2022

Erogato nel 2022/2023

Anno di corso 2

Lingua ITALIANO

Percorso ASTROFISICA E FISICA TEORICA

Sede Lecce

Periodo Primo Semestre

Tipo esame Orale

Valutazione Voto Finale

Orario dell'insegnamento https://easyroom.unisalento.it/Orario

BREVE DESCRIZIONE DEL CORSO

Col termine "Fisica Astroparticellare" si indica quell'insieme di studi, attività sperimentali e indagini teoriche, al confine tra l'astrofisica, la cosmologia e la fisica delle particelle elementari. Da una parte, la strumentazione e i metodi tipici degli esperimenti ai grandi acceleratori vengono utilizzati nella ricerca di segnali provenienti dallo spazio esterno. Dall'altra, nell'universo vengono prodotte particelle (neutrini, protoni, raggi gamma) di altissima energia e la disponibilità di tali fasci naturali permette di eseguire misure diversamente impensabili in laboratorio. Infatti molti ritengono che i segnali di nuova fisica verranno dalle astroparticelle e non dagli acceleratori costruiti dall'uomo.
Gli studi di fisica astroparticellare sono in continua, rapida ed entusiasmante evoluzione e il corso intende fornire un quadro abbastanza completo e continuamente aggiornato di tali studi. Le principali tematiche, trattate sia da un punto di vista fenomenologico che strettamente sperimentale, sono: la fisica dei raggi cosmici, i neutrini solari ed atmosferici, l'astronomia gamma e neutrinica, le onde gravitazionali e la materia oscura.

PREREQUISITI

Pur non essendoci vere e proprie propedeuticità, si presuppone che gli studenti abbiano una certa conoscenza della fisica delle particelle elementari. In particolare risulta utile aver frequentato i corsi "Fisica Nucleare e Subnucleare" (laurea triennale) e "Fenomenologia delle Particelle Elementari" (laurea magistrale).

OBIETTIVI FORMATIVI	Alla fine del corso gli studenti ... - avranno acquisito una conoscenza abbastanza approfondita ed aggiornata dei principali settori della fisica astroparticellare (conoscenze e comprensione) - saranno in grado di comprendere i risultati dei principali esperimenti di fisica astroparticellare, interpretare grafici e dati numerici, in relazione ai modelli fisici proposti (capacità di applicare conoscenze e comprensione) - sapranno valutare la significatività dei dati sperimentali, sempre in relazione al modello fisico che si intende confermare o viceversa smentire (autonomia di giudizio) - saranno in grado di presentare in maniera sintetica, ma completa i risultati dei diversi esperimenti, utilizzando disegni schematici dei rivelatori e rappresentazioni grafiche delle misure (abilità communicative) - avranno ben chiaro che la fisica astroparticellare è una branca della fisica in continua evoluzione e potranno seguirne autonomamente gli sviluppi futuri (capacità di apprendimento)
METODI DIDATTICI	Il corso si sviluppa in lezioni cattedratiche, con l'ausilio di immagini e filmati. Domande e interventi da parte degli studenti sono ben accetti ed anzi stimolati.
MODALITA' D'ESAME	L'esame finale consiste in un colloquio nel quale il candidato deve trattare due argomenti del programma, uno a sua scelta, l'altro indicato dalla commissione durante il colloquio stesso.
APPELLI D'ESAME	Le date d'esame verranno pubblicate a breve. In ogni caso si potranno tenere esami anche su richiesta dello studente.
ALTRE INFORMAZIONI UTILI	Il dott. Antonio Surdo (Istituto Nazionale Fisica Nucleare. Lecce) introduce il corso con alcune lezioni sulle principali tecniche di rivelazione utilizzate in fisica astroparticellare.

PROGRAMMA ESTESO

Introduzione – Generalità sulla fisica astroparticellare [SPU 1.1].
Tecniche di rivelazione [SPU 3.1, 3.2, 3.3, 3.4] - L'interazione radiazione-materia (sezione d'urto, diffusione elastica e perdite d'energia, formula di Bethe-Bloch) [LEO 2]. Multiplo scattering. Emissione di luce Cerenkov. L'interazione dei fotoni con la materia (effetto fotoelettrico, effetto Compton e produzione di coppia) [LEO 2]. Sviluppo di sciami in atmosfera, modello di Heitler [SPU 4.3.1]. Rivelatori a ionizzazione (multiple counters, drift chambers, scintil-latori) [LEO 6]. Rivelatori per misure dirette (spettrometri e calorimetri). Rivelatori al suolo per sciami estesi (ARGO-YBJ, Pierre Auger Observatory) [SPU 4.6, 7.6, 7.8, 9.2] e telescopi Cerenkov [SPU 9.1].
Raggi cosmici (RC) – Introduzione [SPU 1.2]. La scoperta dei RC [SPU 2.1] e nuove particelle [SPU 2.2, 2.3]. Generalità sullo spettro dei RC [SPU 2.5, 2.6]. I RC nella galassia [SPU 2.7]. Cenni ai RC dal Sole [SPU 2.8]. Effetti del campo geomagnetico [SPU 2.9]. Densità di energia nella galassia [SPU 2.10] e considerazioni energetiche sui RC [SPU 2.11]. Cenni circa il rivelatore *AMS-02* [SPU 3.5]. Composizione elementale dei RC [SPU 3.6, 3.7], il fenomeno della spallazione [SPU 5.1]. Cenni sulle tecniche di datazione [SPU 5.2, BEN III.3]. Tempi di permanenza e confinamento dei RC nella galassia (*leaky box*) [SPU 5.4, 5.5]. Meccanismi stocastici di accelerazione [SPU 6.1, 6.4]: gli specchi magnetici e i due modelli di Fermi. Energia massima da supernova [SPU 6.3].
Sciami in atmosfera - Interazione dei RC nell'atmosfera terrestre e produzione di sciami [SPU 4.1, 11.4]. Struttura dell'atmosfera [SPU 4.2]. Sciami elettromagnetici [SPU 4.3] e sciami adronici [SPU 4.4]. Il flusso dei RC al ginocchio [SPU 4.9]. I RC alle energie più alte [SPU 7.3, 7.4] e le perdite energetiche ipotizzate [SPU 7.5]. Misure e modelli dello spettro dei RC alle energie più alte [SPU 7.9, 7.10].
Neutrini atmosferici – Neutrini dal decadimento dei mesoni carichi [SPU 11.3] e loro produzione in atmosfera [SPU 11.7]. Il fenomeno delle oscillazioni [SPU 11.8]. Esperimenti sotterranei: SuperKamiokande e Macro [SPU 11.9]. Cenni ad altri esperimenti su lunga base [SPU 11.10]. Neutrini solari - Modelli solare, cicli di fusione nucleare e neutrini [SPU 12.1, 12.2]. Esperimenti dedicati [SPU 12.3]. La misura del Sudbury Neutrino Observatory [SPU 12.4]. L'esperimento Kamland [SPU 12.5]. Cenni alle oscillazioni dei neutrini nella materia e condizioni di risonanza [SPU 12.6, 12.7].
Neutrini da supernova – Cenni alla fisica delle supernovae [SPU 12.10, 12.11]. Neutrini da supernova [SPU 12.12]. La supernova 1987A [SPU 12.13] e limite sulla massa dei neutrini [PER 7.9, STA 3.1.4].
Astronomia a molti messaggeri – Connessioni tra RC, neutrini e gamma [SPU 10.1]. Diversi meccanismi di emissione gamma: adronici [SPU 8.2, 8.3] e leptonici [SPU 8.4].
Astronomia neutrinica – Rivelazione di neutrini astrofisici anche grazie ad *array* di superficie [SPU 10.1, 10.2, 10.3]. Telescopi operativi e progetti futuri [SPU 10.7]. Prime misure di neutrini astrofisici [SPU 10.9]. Stato delle osservazioni col rivelatore Icecube [http://icecube.wisc.edu/science/highlights/neutrino_astronomy].
Astronomia gamma – Introduzione [SPU 8.1]. Tecniche di rivelazione: satelliti [SPU 8.5, 8.6], telescopi Čerenkov [SPU 9.1] ed EAS array [SPU 9.2]. Cenni alle sorgenti galattiche [SPU 8.7, 8.8, 8.9, 9.3, 9.4]. La nebulosa del Granchio [SPU 9.5]. La ricerca delle sorgenti dei raggi cosmici [SPU 9.6, 9.7, 9.8]. Cenni alle sorgenti extragalattiche [SPU 9.9, 9.10, 9.11, 9.12].
Onde gravitazionali - Cenni alle misure sul sistema binario PSR 1913+16 [PER 6.14]. Rivelazione delle onde gravitazionali: barre risonanti, interferometri [PER 6.15]. Le misure di LIGO e VIRGO [PRL 116 (2016) 061102]. Contemporanea osservazione di onde gravitazionali e Gamma Ray Burst [arXiv:1710.05834,www.ligo.caltech.edu/page/press-release-gw170817]
Materia Oscura - Effetti gravitazionali ed evidenza della materia oscura [SPU 13.3]. Cenni al lensing gravitazionale [PER 4.2] ed al microlensing [PER 4.3] per la ricerca di materia oscura barionica. Ipotesi sulla materia oscura non barionica [SPU 13.4, 13.5; PER 4.6]. Misure dirette (esperimento DAMA-LIBRA) ed indirette [SPU 13.8, 13.9]. Anomalie nelle misure di positroni ed antiprotoni nel flusso dei raggi cosmici [SPU 3.9, 13.9].
Bibliografia

- G. BENdiscioli "Fenomeni radioattivi", La Goliardica Pavese (2000)
- W.R. LEO "Techniques for nuclear and particle physics experiments", Springer (1987, Berlin)
- D. PERkins "Particle Astrophysics", Oxford University Press (2003, Oxford)
- M. SPUrio "Particles and Astrophysics", Springer (2015, Heidelberg)
- T. STAnev "High Energy Cosmic Rays", Springer (2004, Berlin)

Eventuali letture di approfondimento

Y. Fukuda et al. (Super-Kamiokande Collaboration) "Evidence for Oscillation of Atmospheric Neutrinos", Phys. Rev. Letters 81 (1989) 1562

M. Ambrosio et al. (MACRO Collaboration) "Measurement of atmospheric neutrino-induced upgoing muon flux using MACRO", Physics Letters B 434 (1998) 451

Q.R. Ahmad et al. (SNO Collaboration) "Direct evidence for neutrino flavor transformation from neutral-current interactions in the Sudbury Neutrino Observatory", Phys. Rev. Letters 89 (2002) 011301

K. Hirata et al. (Kamiokande Collaboration) "Observation of a neutrino burst from the Supernova SN1987A", Phys. Rev. Letters 58 (1987) 1490

IceCube Collaboration "Evidence ofr High-Energy Extraterrestrial Neutrinos at the IceCube Detector", Science 342 (2013) 1242856

IceCube, Fermi-LAT, Magic ... Collaborations "Multimessenger observations of a flaring blazar coincident with high-energy neutrino IceCube-170922A", Science 361 (2018) eaa1378

B.P. Abbott et al. (LIGO and Virgo Collaborations) "Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger", Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 061102

B.P. Abbott et al. "Gravitational Waves and Gamma-Rays from a Binary Neutron Star Merger: GW170817 and GRB 170817A", Astrophys. Journal Letters 848 (2017) L13

E. Aprile et al. (XENON Collaboration) "Excess electronic recoil events in XENON1T", Phys. Rev. D 102 (2020) 072004

TESTI DI RIFERIMENTO

M. Spurio "Particles and Astrophysics", Springer (Heidelberg, 2015)

A. De Angelis, M. Pimenta 'Introduction to Particle and Astroparticle Physics', Springer (Heidelberg, 2018)