UNIVERSITÀ DI PISA

EXPERIMENTAL METHODS FOR ASTROPARTICLE PHYSICS / METODOLOGIE SPERIMENTALI PER LA FISICA DELLE ASTROPARTICELLE

ROSA POGGIANI

Anno accademico	2023/24
CdS	FISICA
Codice	306BB
CFU	9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
METODOLOGIE SPERIMENTALI PER LA FISICA DELLE ASTROPARTICELLE	FIS/01	LEZIONI	54	ROSA POGGIANI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Il corso presenta la strumentazione e le tecniche sperimentali per l'osservazione di sorgenti astrofisiche nel dominio delle alte energie. Le diverse strumentazioni sono discusse partendo dagli ordini di grandezza delle quantita' da misurare (flussi, spettri...). I rivelatori di fotoni e di particelle sono trattati come i blocchi fondamentali prima di discutere le loro integrazione in strumentazioni complesse per esperimenti a Terra e dallo spazio. La strumentazione e le tecniche per la fisica delle astroparticelle sono trattati discutendo le diverse regioni come aree di ricerca: astrofisica X, astrofisica gamma, astrofisica con raggi cosmici, astrofisica con neutrini, astrofisica gravitazionale, ricerca di materia oscura. Il corso comprende una parte dedicata al follow-up delle controparti eletromagnetiche di eventi ad alta energia. Una parte del corso e' dedicata agli archivi pubblici di dati di esperimenti di alte energie e ai metodi di analisi dei dati, con esercitazioni in classe su dati (open data) di astrofisica X, astrofisica gamma, di inteferometri gravitazionali.

Modalità di verifica delle conoscenze

Capacità

Le conoscenze acquisite forniranno agli studenti interessati a lavorare nel campo delle astroparticelle la conoscenza della strumentazione, delle tecniche di osservazione e di analisi di sorgenti astrofisiche ad alta energia per lavorare alla strumentazione, pianificare, eseguire, analizzare ed interpretare le osservazioni.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Corsi della laurea triennale

Indicazioni metodologiche

Lezioni frontali ed esercitazioni in classe con open data

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Interazioni radiazione-materia. Interazioni di particelle cariche. Interazioni di fotoni. Orizzonti osservativi. Sciami elettromagnetici e sciami adronici. Produzione di sciami in atmosfera.
Coordinate celesti. Misure di tempo. Osservabilita' di una sorgente. Risorse Internet per l'astrofisica delle alte energie.
Rivelatori di particelle e di fotoni ad alta energia: rivelatori a ionizzazione; rivelatori a stato solido; sistemi di scintillatori; rivelatori Cherenkov e TRD; calorimetri. Misura di proprieta' fisiche: posizione, intervalli temporali, energia, quantita' di moto. Identificazione di particelle.
Astrofisica con raggi X: sorgenti e ordini di grandezza. Telescopi per raggi X soft. Telescopi per raggi X hard. Spettrometri per raggi X. Polarimetria X. Esempi di strumentazione su satellite: Swift, INTEGRAL, RXTE, Chandra, NUSTAR, MAXI, XMM-Newton.
Astrofisica con raggi gamma: sorgenti e ordini di grandezza. Rivelazione diretta di raggi gamma da satellite: sistemi di scintillatori; telescopi Compton; pair conversion telescopes. Osservatori nello spazio: EGRET, Fermi, AGILE. Rivelazione di raggi gamma di alta energia da Terra. Telescopi Cherenkov. MAGIC, HESS, VERITAS, CTA. Air shower arrays: HAWC, Milagro.
Astrofisica con raggi cosmici: sorgenti e ordini di grandezza. Misure dirette di raggi cosmici di bassa energia da satellite. Ricerca di antimateria nello spazio. AMS-02, PAMELA, CALET. Misura di raggi cosmici di alta energia da Terra. Extensive Air Shower arrays: KASCADE, CASA. Rivelazione di radiazione di fluorescenza: HiRes. Rivelatori ibridi: AUGER, TA.

Astrofisica dei neutrini: sorgenti e ordini di grandezza. Rivelazione di neutrini di alta energia. Caratteristiche di eventi di interazione di neutrini. Rivelazione in ghiaccio e in acqua. Telescopi per neutrini di alta energia: IceCube, ANTARES, KM3NeT. Rivelazione di neutrini di bassa energia. Rivelazione di neutrini solari. Rivelazione di neutrini da supernova.

Astrofisica gravitazionale: sorgenti e ordini di grandezza. Rivelatori risonanti. Rivelatori interferometrici. Sorgenti di rumore negli interferometri. Osservatori gravitazionali: LIGO, Virgo, GEO600, KAGRA, LISA. Rivelazione di onde gravitazionali a bassa frequenza.
Materia oscura: ordini di grandezza. Rivelazione diretta di materia oscura. DAMA/LIBRA, CoGent, CDMS, EDELWEISS, Xenon10, DarkSide50. Rivelazione indiretta con osservazioni di raggi gamma e leptoni.
Rapporto segnale-rumore per osservazioni ad alta energia. Tecniche di osservazione. Proposte di osservazione ai satelliti. Analisi statistica. Analisi di serie temporali. Procedure di analisi nelle diverse regioni dell'astrofisica delle alte energie. Software per l'analisi dei dati. Cenni di statistica Bayesiana.
Posizione e localizzazione di sorgenti astrofisiche. Follow-up elettromagnetico di eventi ad alta energia, di neutrini e gravitazionali. Ricerca di controparti ottiche con tecniche di fotometria. Classificazione del tipo di sorgente con tecniche spettroscopiche. Confronto delle tecniche di misura in varie bande dello spettro elettromagnetico. Spectral Energy distribuition (SED).

Bibliografia e materiale didattico

- De Angelis, Pimenta, Introduction to Particle and Astroparticle Physics
- Lena, Lebrun, Mignard, Observational Astrophysics
- Longair, High Energy Astrophysics
- Poggiani, High Energy Astrophysical Techniques
- Poggiani, Optical, Infrared and Radio Astronomy
- Spurio, Particles and Astrophysics - A Multi-Messenger Approach

Modalità d'esame

Esame orale

Ultimo aggiornamento 01/09/2023 14:39