UNIVERSITÀ DI PISA

MULTIMESSENGER PHYSICS LABORATORY

MASSIMILIANO RAZZANO

Academic year	2023/24
Course	FISICA
Code	327BB
Credits	9

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
MULTIMESSENGER PHYSICS LABORATORY	FIS/01	LEZIONI	90	BARBARA PATRICELLI MASSIMILIANO RAZZANO

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Dopo aver superato l'esame lo studente avrà acquisito una solida conoscenza delle metodologie sperimentali legate all'osservazione di radiazione elettromagnetica (onde radio, luce visibile, raggi X e raggi gamma), onde gravitazionali e raggi cosmici, e delle tecniche e principali software di analisi dati utilizzati nell'astrofisica multimessaggera. Durante il corso gli studenti impareranno a raccogliere dati tramite osservazioni dirette o ritrovandoli da archivi online, a sviluppare programmi di analisi articolati utilizzando il linguaggio di programmazione Python anche sfruttando la programmazione orientata agli oggetti. Nella parte finale saranno anche presentati cenni di tecniche di analisi avanzate basate su machine e deep learning.

Modalità di verifica delle conoscenze

Lo studente deve mostrare di saper leggere e manipolare i dati raccolti da telescopi e strumenti operanti alle diverse lunghezze d'onda (in particolare onde radio, luce visibile, raggi X e raggi gamma), e da rivelatori di onde gravitazionali. Durante il corso saranno proposti progetti di analisi dati in cui gli studenti dovranno sviluppare opportuni programmi e algoritmi per estrarre i principali parametri delle sorgenti astrofisiche da analizzare, e preparare una relazione sui risultati ottenuti.
Metodi
- Progetti di analisi dati e relative relazioni di laboratorio
- Esame finale orale

Capacità

Capacità di acquisire e leggere dati osservativi, tramite osservazioni oppure ritrovandoli da archivi online. Utilizzare il linguaggio di programmazione Python per sviluppare strumenti di analisi dati relativi a osservazione di radiazione elettromagnetica, gravitazionale e di radiazione cosmica. Utilizzare i principali metodi di analisi dati usati nel dominio di ond radio, luce visibile raggi X, raggi gamma, onde gravitazionali, anche utilizzando software di analisi specifici e principali librerie di analisi dati Python. Costruire un software di analisi dati per combinare dati osservativi provenienti da strumenti diversi nel contesto multimessaggero.

Modalità di verifica delle capacità

L'abilità nell'uso degli strumenti e metodi più adeguati per studiare una sorgente cosmica viene verificata durante le esperienze di osservazione e analisi dati durante l'anno e durante la prova orale finale. Dopo una parte introduttiva iniziale, durante le esperienze gli studenti saranno suddivisi in gruppi.

Comportamenti

Lo studente acquisisce la terminologia corretta, sa utilizzare i metodi e i software di analisi più appropriati e, ove necessario, sa sviluppare semplici programmi di analisi in Python.

Modalità di verifica dei comportamenti

L'uso della terminologia corretta e il corretto ragionamento sono valutati nelle relazioni di laboratorio e durante la prova orale.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Conoscenze di base di relatività ed elettromagnetismo, di processi di interazione radiazione-materia. Conoscenza delle tecniche di base di analisi statistica. Conoscenza delle basi del linguaggio Python.

Programma (contenuti dell'insegnamento)

INTRODUZIONE
- Richiami su grandezze fondamentali in astrofisica. Coordinate astronomiche. Introduzione all'astrofisica multifrequenza e multimessaggera, motivazione e principali risultati Cataloghi, formato dati e risorse online per astrofisica multifrequenza. . Programmazione a oggetti con Python e librerie per astronomia
- Introduzione all'analisi dati con Python. Lettura e manipolazione dati astrofisici con i pacchetti Numpy, Scipy, Pandas e Astropy.
-Il formato dati FITS
-Basi di programmazione a oggetti con Python. Software di controllo versione moderni per la gestione di progetti di analisi dati.
-Semplici progetti introduttivi sull'utilizzo di Python per la lettura e manipolazione di dati astrofisici.

RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA DI BASSA ENERGIA - ONDE RADIO E LUCE VISIBILE
- Processi di emissione di radiazione nel dominio delle onde radio. Equazioni del trasporto radiativo, spettro di corpo nero. Emissioni non termiche. Principali sorgenti astrofisiche. Elementi di rivelazione delle onde radio con radiotelescopi. Caratteristiche dei radiotelescopi.
- Tecniche osservative in luce visibile. Richiami di ottica geometrica e configurazioni ottiche dei telescopi. Principali caratteristiche dei telescopi: ottiche e montatura. Flussi, magnitudini e grandezze fotometriche. Sistemi di acquisizione CCD. Tecniche fotometriche. Cenni base di spettroscopia.
- Radiostronomia: Progetto di osservazione e analisi dati
- Progetto di osservazione e fotometria nel visibile

RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA DI ALTA ENERGIA
- Processi di emissione di radiazione X e gamma. Meccanismi di interazione radiazione materia ad alte energie e tecniche di rivelazione nell'astrofisica X e gamma. Polarimetria X. Principali rivelatori di raggi X e gamma e principali sorgenti astrofisiche alle alte energie.
- Progetto di analisi dati su osservazione multifrequenza di raggi X e gamma da una sorgente transiente. Il caso dei Gamma Ray Burst

ONDE GRAVITAZIONALI
Cenni di relatività generale e introduzione alle onde gravitazionali. Principali sorgenti di onde gravitazionali e stato delle osservazioni. Rivelatori di onde gravitazionali, dalle barre risonanti agli interferometri. Il problema del rumore. Formato dati e analisi dei segnali gravitazionali. Tecniche di rivelazione: Matched filtering e excess power. Stima dei parametri.
- Progetto di analisi dati di coalescenza di un sistema binario compatto.

ASTROFISICA MULTIMESSAGGERA MODERNA
- Principali sorgenti multimessaggere. Ruolo, motivazione e breve storia dell'astrofisica multimessaggera.
-Stato dell'arte delle osservazioni multimessaggere. Luce e onde gravitazionali. Il ruolo dei GRB. Osservazioni e risultati dall'evento GW170817.
-Il ruolo dell'astrofisica neutrinica. Processi di emissione e risultati osservativi.

INTRODUZIONE AI METODI DI ANALISI MODERNI BASATE SU MACHINE LEARNING
Introduzione alle tecniche di machine learning. Principali tipologie di algoritmi. Struttura di un algoritmo di machine learning. Esempi di applicazioni di metodi di machine learning in ambito multimessaggero.

Bibliografia e materiale didattico

Libri di testo universitari di metodi sperimentali in astrofisica e fisica multimessaggera, astrofisica delle alte energie e di fisica delle onde gravitazionali (parti relative ai metodi sperimentali e all'analisi dei dati).
In particolare:
- Smith, "Observational Astrophysics", Cambridge University Press.
- Chromey, "To measure the sky", Cambridge University Press.
- Longair, M. "High Energy Astrophysics", Cambridge Ed.
- Maggiore, M. "Gravitational Waves, Vol. 1", Oxford Ed.
- Creighton, D.E. & Anderson, W. G., "Gravitational-Wave Physics and Astronomy", Wiley Ed.
- Manuali e risorse online sulla programmazione in Python e sull'uso dei software di riduzione dati impiegati nel corso.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale in cui vengono descussi i progetti di analisi dati realizzati durante il corso. Le relazioni sui singoli progetti sono il punto di partenza per l'approfondimento delle tematiche sperimentali trattate nel corso. In base alle restrizioni previste in conseguenza della situazione di pandemia agli studenti sarà fornita una piattaforma dove poter sviluppare i progetti di analisi proposti.

Pagina web del corso

https://elearning.df.unipi.it/course/view.php?id=337

Ultimo aggiornamento 13/09/2023 17:29