



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## ASTROFISICA OSSERVATIVA

### ANGELO RICCIARDONE

Anno accademico	2023/24
CdS	FISICA
Codice	301BB
CFU	9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
ASTROFISICA OSSERVATIVA	FIS/01	LEZIONI	54	MASSIMILIANO RAZZANO ANGELO RICCIARDONE

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Fornire una solida conoscenza delle metodologie sperimentali legate all'osservazione di radiazione elettromagnetica, onde gravitazionali e raggi cosmici, e delle tecniche e principali software di analisi dati utilizzati in astrofisica e cosmologia. Imparare a sviluppare programmi di analisi dati utilizzando il linguaggio di programmazione Python e interpretare i dati raccolti. Dopo aver superato l'esame lo studente avrà una conoscenza dei principali metodi e strumenti di analisi dati in astrofisica e cosmologia.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Durante il corso saranno proposti progetti di analisi dati che dovranno essere affrontati sviluppando programmi e algoritmi per estrarre i principali parametri delle sorgenti astrofisiche, e preparare una relazione scientifica sui risultati ottenuti. Lo scopo del corso è di fornire agli studenti/studentesse i mezzi necessari per saper leggere e manipolare i dati raccolti da telescopi e strumenti operanti alle diverse lunghezze d'onda (onde radio, microonde, raggi X, luce visibile), e da rivelatori di onde gravitazionali.

##### *Capacità*

Sviluppare competenze di programmazione Python per sviluppare algoritmi di analisi dati relativi a osservazione di radiazione elettromagnetica, gravitazionale e cosmica, anche utilizzando le principali librerie di analisi dati Python.

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Relazioni individuali e/o di gruppo sui progetti di analisi dati affrontati durante il corso da discutere durante colloquio orale a fine corso

##### *Comportamenti*

Durante il corso saranno acquisite opportune conoscenze e metodi, oltre che gli strumenti più all'avanguardia, per svolgere attività di raccolta e analisi di dati sperimentali.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

La verifica dei comportamenti avverrà attraverso le relazioni che dovranno essere sviluppate durante il corso e attraverso il colloquio orale finale

#### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

- Conoscenza delle tecniche di analisi statistica di base
- Conoscenza delle basi del linguaggio Python

#### Indicazioni metodologiche

Le lezioni saranno svolte sia in modalità frontale che in laboratorio. Le lezioni frontali saranno effettuate sia alla lavagna che con l'ausilio di slide/filmati.

Le lezioni in laboratorio saranno svolte sia singolarmente che in gruppo, usando i PC delle aule informatiche/laboratori qualora disponibili, o i PC personali degli studenti.

Verranno effettuate anche sessioni di osservazione guidata del cielo e raccolta di analisi dati utilizzando la dotazione del dipartimento



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### INTRODUZIONE

- Introduzione su coordinate astronomiche e trasformazioni di coordinate. Definizione di osservabili in astrofisica e relativi strumenti
- Introduzione alla programmazione Python e alle librerie dedicate all'astronomia e astrofisica osservativa (Astropy, Numpy, Scipy, Pandas)
- Introduzione all'utilizzo di pacchetti per lettura e manipolazione di dati astrofisici e formati di dati.
- Introduzione all'utilizzo e gestione di repository (e.g., GIT) e relativi comandi

#### LUCE VISIBILE e ONDE RADIO

- Richiami di ottica geometrica e configurazioni ottiche dei telescopi.
- Principali caratteristiche dei telescopi: ottiche e montatura. Storia e Tipologie di telescopi.
- Osservazioni dirette del cielo e acquisizione dati
- Flussi, magnitudini e grandezze fotometriche. Sistemi di acquisizione CCD.
- Sorgenti radio e radiotelescopi
- Esperienze di fotometria e radioastronomia
- Missione GAIA

#### RADIAZIONE COSMICA di MICROONDE (CMB)

- Definizione di corpo nero e fondo cosmico di microonde (CMB). Osservabili cosmologiche e telescopi per l'osservazione.
- Definizione di spettro angolare del CMB e relative proprietà
- Mappe e stime di parametri cosmologici. Utilizzo di Healpix, CLASS, etc.

#### SPETTROSCOPIA

- Introduzione a spettroscopia e spettrometri
- Analisi spettroscopiche basate su osservazioni dirette di oggetti celesti

#### ONDE GRAVITAZIONALI

- Cenni di relatività generale e introduzione alle onde gravitazionali. Principali sorgenti astrofisiche e cosmologiche di onde gravitazionali.
- Definizione di funzione di risposta di un interferometro e stima del segnale su rumore (SNR). Interferometri attuali (VIRGO, LIGO, KAGRA) e futuri (Einstein Telescope, Cosmic Explorer, LISA). Obiettivi scientifici.
- Definizione e ricostruzione del rumore.
- Progetto di analisi dati di coalescenza di un sistema binario compatto.
- Progetti di ricostruzione di un fondo stocastico di onde gravitazionali in presenza di noise e foregrounds.

#### STRUTTURE SU GRANDE SCALA (tempo permettendo)

- Introduzione a galassie, ammassi di galassie e clustering
- Introduzione a spettro di potenza di materia
- Analisi di auto e cross-correlazione di galassie
- Missione EUCLID e obiettivi

#### Bibliografia e materiale didattico

Observational Astrophysics, Robert Smith, Cambridge University Press;

Gravitational Waves, Vol. 1, Michele Maggiore, Oxford Edition;

Manuali e risorse sulla programmazione in Python e sull'uso dei software di riduzione dati impiegati nel corso forniti dal docente;

#### Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale in cui vengono discussi i progetti di analisi dati realizzati durante il corso.

Ultimo aggiornamento 14/09/2023 18:50