



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## ASTROFISICA EXTRAGALATTICA E COSMOLOGIA

**MICHELE CIGNONI**

Anno accademico 2022/23  
CdS FISICA  
Codice 369BB  
CFU 9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
ASTROFISICA EXTRAGALATTICA E COSMOLOGIA	FIS/05	LEZIONI	54	MICHELE CIGNONI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze in merito a due tematiche principali:

- 1) Primo Universo: formazione delle strutture (galassie, ammassi di galassie) in contesto cosmologico (modelli di universo, scala delle distanze, fondo cosmico di microonde, ricombinazione, collasso lineare e non lineare delle strutture, reionizzazione, galassie ad alto redshift) ;
- 2) Universo locale: Fisica delle galassie di tipo morfologico diverso (formazione stellare, evoluzione chimica e dinamica, interazione tra galassie), sia dal punto di vista osservativo che quello teorico.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Discussioni e dibattito al termine delle lezioni (o su appuntamento tramite ricevimento, anche in gruppi), con lo scopo di verificare le conoscenze acquisite e stimolare l'interesse in maniera critica. Lo studente può porre qualunque domanda, la cui risposta può essere proposta da tutti gli altri (studenti, docente).

#### *Capacità*

Lo studente sarà in grado di affrontare problemi di carattere extragalattico, dalla scala delle distanze, alla fisica delle galassie (chimica, dinamica, formazione stellare), al contesto cosmologico, sia dal punto di vista osservativo che teorico.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Discussioni in classe e approfondimenti alla fine di ogni lezione

#### *Comportamenti*

Lo studente acquisirà conoscenze chiave importanti per una carriera in astrofisica/astronomia

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Durante le discussioni e i dibattiti che normalmente emergono al termine delle lezioni (o durante i ricevimenti), verrà data enfasi alla capacità di connettere argomenti diversi del corso e di saperli discutere in maniera critica.

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenze di astrofisica di base (magnitudini, sistemi fotometrici, diagramma HR, etc) sono utili ma non richieste.

#### *Corequisiti*

Utile seguire in parallelo il corso di fisica stellare

#### *Indicazioni metodologiche*



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

1. Lezioni frontali
2. modo in cui si svolgono le lezioni: lavagna e power point

Verranno fornite le slides (molto dettagliate) delle lezioni oltre alla registrazione video.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

**Bias osservativi:** bias statistici in caso di osservazioni fotometriche e/o di parallasse, fisica delle polveri (teoria di Mie, curve di estinzione, arrossamento ed emissione infrarossa)

**Cosmologia:** espansione dell'Universo e metrica, costante di Hubble,  $H_0$ , modelli di Universo, fisica della ricombinazione (ricombinazione, disaccoppiamento, last scattering), fondo cosmico di microonde (interpretazione statistica, ricostruzione dei parametri cosmologici), formazione e crescita delle strutture cosmiche (che diventeranno galassie, ammassi di galassie e superammassi), massa di Jeans in Universo in espansione, evoluzione lineare, cenni di teoria non lineare, materia oscura calda e fredda, POP III, reionizzazione, oscillazioni acustiche barioniche (BAO)

**Scala delle distanze, la via locale ad  $H_0$ :** parallassi (Gaia), indicatori di distanza stellari (Cefeidi, RR-Lyrae, tip RGB), mega-maser, binarie ad eclisse, supernovae Ia, tensione con  $H_0$  dalla CMB

**Popolazioni stellari complesse:** storia di formazione stellare nelle galassie tramite stelle risolte, spettroscopia e fotometria integrata, la nostra Galassia e il Gruppo Locale come laboratorio, galassie ad alto redshift

**Formazione stellare:** mezzo interstellare, fasi del mezzo interstellare, rapporto polveri/gas nelle galassie, massa di Jeans, effetti di rotazione, campi magnetici, turbolenza, frammentazione, funzione di massa stellare iniziale (IMF)

**Evoluzione chimica delle galassie:** yields stellari, diversi modelli di evoluzione chimica (close, leaky and accreting box)

**Fisica delle galassie a spirale:** osservazioni, curve di rotazione, materia oscura, micro-lensing, teoria delle onde di densità

**Dinamica delle galassie:** interazione mareale tra galassie, frizione dinamica (eq. di Chandrasekhar), tempo di rilassamento, rilassamento violento, teorema del viriale tensoriale, schiacciamento galassie ellittiche, equazioni di Jeans, applicazioni delle eq. di Jeans, equazione di Boltzmann non collisionale (CBE), integrali del moto isolanti, soluzioni della CBE

### Bibliografia e materiale didattico

Sono utili le slide del corso (molto dettagliate, con tutti i passaggi) e i seguenti libri di testo:

Introduction to Cosmology -- Barbara Ryden  
Galactic Dynamics -- Binney & Tremaine  
Galaxies in the Universe -- Sparke & Gallagher

### Indicazioni per non frequentanti

### Modalità d'esame

Esame orale di circa 30 minuti. Allo studente vengono poste due domande estratte da un elenco di domande predefinito fornito all'inizio delle lezioni.

### Altri riferimenti web

### Note

Ultimo aggiornamento 20/08/2022 11:17