



UNIVERSITÀ DI PISA

---

**COSMOLOGY OF THE EARLY UNIVERSE / COSMOLOGIA DEL PRIMO  
UNIVERSO**

**DARIO GRASSO**

Anno accademico 2021/22  
CdS FISICA  
Codice 274BB  
CFU 9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
COSMOLOGIA DEL PRIMO UNIVERSO	FIS/02	LEZIONI	54	DARIO GRASSO GIOVANNI MAROZZI

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

E consigliato di aver seguito il corso di Relatività Generale

Programma (contenuti dell'insegnamento)

## **Introduzione alla cosmologia relativistica**

- Introduzione storica
- Metriche non euclidee, spazi massimamente simmetrici e metrica di Robertson-Walker
- espansione dell'universo, coordinate comoventi e legge di Hubble
- tensore energia impulso di un fluido perfetto e sua conservazione
- derivazione delle equazioni di Friedmann.
- dinamica dell'universo, calcolo della sua età, parametro di accelerazione
- distanze di luminosità e di diametro angolare; evidenze dell'espansione accelerata dell'universo.
- Orizzonti di partecella e degli eventi
- Il Modello LambdaCDM

## **Storia termica del prima universo**



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- Termodinamica del primo universo
- Equazione di Boltzmann
- Disaccoppiamento radiazione-materia, equazione di Saha
- Il disaccoppiamento dei neutrini e di altre specie interagenti debolmente
- La nucleosintesi degli elementi leggeri
- Specie fossili calde e fredde. La materia oscura fredda.
- Asimmetria materia-antimateria e condizioni di Sakharov per la sua origine

### **Transizioni di fase nel primo universo**

- Cenni/riciami sul modello standard delle interazioni elettro-deboli
- Cenni di teoria dei campi a temperatura finita
- Il meccanismo della rottura spontanea di simmetria a temperatura finita
- Transizione di fase elettro-debole e cenni sulle transizioni alla scala di grande unificazione

### **La radiazione cosmica di fondo e le sue fluttuazioni**

- Storia della scoperta della CMB
- anisotropia di dipolo
- sviluppo in armoniche sferiche delle fluttuazioni
- varianza cosmica
- effetto Sach-Wolfe ed anisotropie primarie
- effetto Sach-Wolfe integrato
- polarizzazione della CMB
- effetto Sunayev-Zeldovich

### **L'Inflazione**

- Principali problemi della cosmologia del big-bang (dell'orizzonte, della



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

piattezza, ecc.)

- Il paradigma inflazionario, dinamica dell'inflazione, evoluzione degli orizzonti
- Condizioni per la soluzione dei problemi della cosmologia standard
- Inflazione caotica e cenni su altri modelli di inflazione
- Spettri delle fluttuazioni tensoriali e scalari prodotto dall'inflazione
- Il reheating e cenni sul pre-heating

### **Evoluzione delle disomogeneità**

- Teoria newtoniana dell'instabilità gravitazionale e generalizzazione relativistica
- Spettri di potenza delle fluttuazioni
- Evoluzione delle fluttuazioni nell'universo in espansione, scelta della gauge gravitazionale
- Fluttuazioni isoterme e di isocurvatura e loro evoluzione
- Evoluzione delle fluttuazioni dopo l'inflazione: funzioni di trasferimento

[Bibliografia e materiale didattico](#)

### Testi di riferimento:

- S. Weinberg: *Cosmology*, Oxford Press
- P. Peter & J.P. Uzan, *Primordial Cosmology*, Oxford Graduate Texts

Modalità d'esame  
Orale

*Ultimo aggiornamento 05/08/2021 10:56*