

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

APPROFONDIMENTI DI COSMOLOGIA

ADVANCED COSMOLOGY

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	FISICA (LM-17)
Codice	8068803	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Inglese

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Marina Migliaccio

CODOCENTE

Modulo:

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI: Il corso è volto a fornire una preparazione specialistica ed avanzata della cosmologia moderna. Ciò comprende una buona conoscenza dei modelli cosmologici dominati dalla materia oscura e dall'energia oscura, dell'inflazione cosmica, delle moderne teorie di formazione ed evoluzione della struttura su grande scala dell'universo. Particolare attenzione verrà rivolta alla comprensione dei meccanismi fisici e degli strumenti statistici necessari all'interpretazione dei principali risultati osservativi, quali quelli relativi alla distribuzione di galassie su grande scala e alle anisotropie della radiazione cosmica di fondo a microonde (CMB). CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE: Il corso offre una base di formazione teorica, necessaria per acquisire tutti gli strumenti matematici richiesti. Gli studenti devono inoltre maturare una approfondita comprensione degli aspetti osservativi che convalidano lo sviluppo della parte teorica. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRENSIONE: È necessario che lo studente acquisisca padronanza degli strumenti matematici necessari a formulare previsioni specifiche per alcuni dei principali osservabili cosmologici, nonché di utilizzare le osservazioni per vincolare i modelli. Questa stretta connessione tra strumento matematico ed osservazioni permette di raggiungere una piena comprensione del contenuto del corso, anche per quanto riguarda le sue parti più formali. AUTONOMIA DI GIUDIZIO:
----------	---

	Gli studenti devono essere in grado di ricavare autonomamente i principali risultati presentati a lezione e le dimostrazioni, effettuando le approssimazioni necessarie e riconoscendone i limiti di validità. ABILITÀ COMUNICATIVE: Gli studenti devono essere in grado di esporre in modo chiaro e corretto gli argomenti del programma. Devono essere inoltre in grado di presentare senza ambiguità il processo logico e le conclusioni dell'analisi di un problema fisico. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Gli studenti devono dimostrare di saper ricercare ed integrare contenuti presenti su fonti diverse, quali libri di testo, il WEB ed articoli scientifici suggeriti come approfondimento di argomenti specifici e che sono finalizzati allo sviluppo di uno studio più orientato alla ricerca. In aggiunta, è essenziale la capacità di rielaborare ed estendere gli esempi di applicazioni proposti a lezione. Il contenuto del corso offre inoltre agli studenti la possibilità di familiarizzare con aspetti che vanno dalla relatività generale alla meccanica statistica, e con diverse tecniche che trovano applicazione anche in altri campi della fisica. L'esposizione a questi argomenti favorisce lo sviluppo di capacità di apprendimento trasversali e di adattamento a nuovi problemi scientifici.
English	LEARNING OUTCOMES: The course is aimed at providing specialized and advanced preparation in modern cosmology. This includes a good knowledge of cosmological models dominated by dark matter and dark energy, cosmic inflation, and modern theories of the formation and evolution of the universe's large-scale structure. Particular attention will be paid to understanding the physical mechanisms and statistical tools necessary to interpret the main observational results, such as those relating to the large-scale distribution of galaxies and the anisotropies of the cosmic microwave background radiation (CMB). KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: The course offers a theoretical training base, necessary to acquire all the required mathematical tools. Students must also develop an in-depth understanding of the observational aspects that validate the development of the theoretical part. APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: The student must master the mathematical tools necessary to formulate specific predictions for some of the main cosmological observables, as well as use observations to constrain models. This close connection between mathematical tools and observations allows the student to achieve a full understanding of the course content, even of its more formal parts. MAKING JUDGEMENTS: Students must be able to independently derive the main results presented in class and the demonstrations, making the necessary approximations and recognizing their limits of validity.

	COMMUNICATION SKILLS: Students must be able to explain the topics of the program clearly and correctly. They must also be able to unambiguously present the logical process and conclusions of the analysis of a problem in physics. LEARNING SKILLS: Students must demonstrate that they know how to research and integrate content present in different sources, such as textbooks, the WEB and scientific articles suggested as in-depth analysis of specific topics and which are aimed at developing a more research-oriented study. In addition, the ability to rework and extend the examples of applications proposed in class is essential. The course content also offers students the opportunity to familiarize themselves with aspects ranging from general relativity to statistical mechanics, and with various techniques that find relevant applications in other fields of physics. Exposure to these topics fosters the development of transferable learning skills and the ability to adapt to new scientific problems.
--	---

PREREQUISITI

Italiano	Relatività Generale
English	General Relativity

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	- Introduzione al corso e review delle equazioni di Friedmann (2 ore) - Inflazione cosmica (4 ore) - Modello del Big Bang caldo (4 ore) - Scenario dell'instabilità gravitazionale per la formazione delle strutture in relatività generale e in approccio newtoniano (10 ore) - Funzione di correlazione e spettro di potenza delle fluttuazioni di densità. La formazione biased delle galassie. Statistica gaussiana e condizioni iniziali (6 ore) - Evoluzione dello spettro di potenza in diversi modelli cosmologici (12 ore) - Redshift surveys ed oscillazioni acustiche dei barioni. Osservazioni presenti e future. Risultati attesi da Euclid (4 ore) - Introduzione alla fisica delle anisotropie della radiazione cosmica di fondo a microonde. Osservazioni presenti e future (Planck, Simons Observatory e LiteBIRD) (6 ore)
English	- Introduction to the course and review of Friedmann equations (2 hours) - Cosmic Inflation (4 hours)

	- <i>Hot Big Bang model (4 hours)</i> - <i>Gravitational instabilities for structure formation in general relativity and in the Newtonian approach (10 hours)</i> - <i>Correlation function and power spectrum of density fluctuations. The biased galaxy formation. Gaussian statistic and initial conditions (6 hours)</i> - <i>Evolution of the power spectrum in different cosmological models (12 hours)</i> - <i>Redshift surveys and baryonic acoustic oscillations. Current and future observations. Expected results from Euclid (4 ore)</i> - <i>Introduction to the physics of the cosmic microwave background radiation anisotropies. Current and upcoming observations (Planck, Simons Observatory and LiteBIRD) (6 hours)</i>
--	--

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	Vittorio, <i>Cosmology</i> , CRC Press Dodelson, <i>Modern cosmology</i> , Academic Press
English	Vittorio, <i>Cosmology</i> , CRC Press Dodelson, <i>Modern cosmology</i> , Academic Press

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

Italiano	Il corso si articola in lezioni frontali presentate alla lavagna o con slide.
English	The course consists of lectures presented on the blackboard or with slides.

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	La frequenza al corso è facoltativa, benché gli studenti siano fortemente incoraggiati a frequentare le lezioni.
English	<i>The attendance to the course is not compulsory, although we strongly encourage the students to attend the classes.</i>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

☐ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica
☐ Valutazione in itinere ☐ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Marina Migliaccio, Nicola Vittorio

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	La valutazione prevede una prova orale in cui lo studente dovrà rispondere a diverse domande sugli argomenti del programma, avvalendosi anche della lavagna per riprodurre le dimostrazioni. La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccurately nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni. 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio sufficienti. 21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente. 24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso. 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio. 30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale.
English	<i>The assessment consists of an oral exam in which the student will have to answer several questions on the topics of the program, also using the blackboard to derive the proofs.</i> <i>The examination will be evaluated according to the following criteria:</i> <i>Ineligible: major deficiencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations.</i> <i>18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient.</i> <i>21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning.</i> <i>24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments.</i> <i>27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment.</i> <i>30-30L: Excellent level of knowledge and understanding of topics. Remarkable ability of analysis and synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way</i>