

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Gravitazione

Gravitation

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	FISICA (LM-17)
Codice	8068909-8067394	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Inglese

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Lorenzo Aiello

CODOCENTE

Marina Migliaccio, Massimo Bassan

Modulo:

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI: Il corso si pone l'obiettivo di fornire agli studenti i concetti base della fisica della gravitazione, sia teorici (Gravità Newtoniana e Relatività Generale) che sperimentali (stato attuale della ricerca gravitazionale) CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE: Gli studenti dovranno raggiungere una familiarità con i concetti fondamentali della Relatività e di alcune sue applicazioni, come l'approssimazione di campo debole, le verifiche classiche nel Sistema Solare, il collasso gravitazionale e la generazione di onde gravitazionali. Dovranno inoltre apprendere le tecniche fondamentali di misura di effetti gravitazionali, sia di laboratorio che su grande scala (dal pendolo di torsione agli interferometri spaziali). CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRENSIONE: Gli studenti dovranno essere in grado di identificare gli elementi essenziali di un problema fisico anche complesso e saperlo analizzare, sia dal punto di vista teorico che da quello sperimentale. AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Gli studenti dovranno essere in grado di effettuare autonomamente semplici calcoli oppure simulazioni numeriche e progettare semplici esperimenti di laboratorio.
-----------------	---

	ABILITÀ COMUNICATIVE: Gli studenti devono saper presentare in modo chiaro e accurato i contenuti del programma, illustrando senza ambiguità il percorso logico seguito e le conclusioni tratte nell'analisi di un problema fisico. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: La caratteristica del corso, che integra aspetti prettamente teorici ed altri squisitamente sperimentali, porta gli studenti a spaziare su tematiche diverse, e contribuisce ad un apprendimento ad ampio spettro e non settoriale.
English	LEARNING OUTCOMES: The course aims at providing the students with basic concepts of gravitational physics, both in theory (Newtonian Gravity and General Relativity) and experimental (state of the art of Gravitational research). KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: Students are expected to reach a good level of confidence with fundamental concepts of Relativity and some of its applications, like the weak field approximation, classical tests in the Solar System, collapse and gravitational wave generation. Besides, they will learn basic techniques of measurement of gravitational effects, both in laboratory and in large scale experiments - from torsion pendulum to space-based interferometers. APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: Students will be able to identify the essential elements of a physical problem and learn how to analyse it, both from the theoretical perspective and from the experimental one as well. MAKING JUDGEMENTS: Students will learn how to tackle simple calculations or numerical simulations, and design simple laboratory experiments. COMMUNICATION SKILLS: Students must be able to present the course topics clearly and accurately, and to articulate without ambiguity the logical process and the conclusions reached in the analysis of a physical problem. LEARNING SKILLS: The distinctive feature of the course, which integrates both strictly theoretical aspects and genuinely experimental ones, allows students to engage with a variety of topics and fosters a broad, non-sectorial learning experience.

PREREQUISITI

Italiano	Geometria, Calcolo, Fisica Generale (Meccanica, Elettromagnetismo, Ottica), Relatività Ristretta.
English	Geometry, Calculus, General Physics (Mechanics, Electromagnetism, Optics), Special Relativity.

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	- <i>Richiami di calcolo tensoriale, moto geodetico e applicazioni (4 ore)</i> - <i>Derivazione covariante, il tensore di curvatura di Riemann-Christoffel (4 ore)</i> - <i>Principio di equivalenza e test osservativi, equazioni di campo nel vuoto (4 ore)</i> - <i>La soluzione di Schwarzschild: moto planetario, deflessione della luce, lenti gravitazionali, coordinate isotrope e Shapiro time-delay (8 ore)</i> - <i>Gravità linearizzata per campi scalari e tensoriali, onde gravitazionali (4 ore)</i> - <i>Tensore energia-impulso, equazione di campo in presenza di materia, e leggi di conservazione (2 ore)</i> - <i>L'interazione Gravitazionale e il confronto con le altre interazioni fondamentali; entropia e gravità, cenni alla gravità quantistica (2 ore)</i> - <i>Gravitazione classica, massa gravitazionale e inerziale, esperimenti con bilance e pendoli di torsione (4 ore)</i> - <i>Principio di Equivalenza, esperimenti di verifica della LLI e LPI (2 ore)</i> - <i>Formalismo PPN, test classici della Relatività Generale, meccanismi di precessione (4 ore)</i> - <i>Onde Gravitazionali: teoria e principio di rivelazione, rivelatori interferometrici (6 ore)</i> - <i>Cenni di teoria dei segnali e del rumore. Missione LISA (4 ore)</i> - <i>Pulsars e sistemi binari come test della gravitazione (2 ore)</i>
English	- <i>Review of tensor calculus, geodesic motion, and applications (4 hours)</i> - <i>Covariant derivative, the Riemann-Christoffel curvature tensor (4 hours)</i> - <i>Equivalence principle and observational tests, vacuum field equations (4 hours)</i> - <i>The Schwarzschild solution: planetary motion, light deflection, gravitational lensing, isotropic coordinates and the Shapiro time delay (8 hours)</i> - <i>Linearized gravity for scalar and tensor fields, gravitational waves (4 hours)</i> - <i>Energy-momentum tensor, field equations in the presence of matter, and conservation laws (2 hours)</i> - <i>The Gravitational interaction and its comparison with the other fundamental interactions; entropy and gravity, introduction to quantum gravity (2 hours)</i> - <i>Classical gravitation, gravitational and inertial mass, experiments with balances and torsion pendulums (4 hours)</i> - <i>Equivalence Principle, experimental tests of LLI and LPI (2 hours)</i> - <i>PPN formalism, classical tests of General Relativity, precession mechanisms (4 hours)</i> - <i>Gravitational Waves: theory and detection principles, interferometric detectors (6 hours)</i>

	- <i>Elements of signal and noise theory. The LISA mission (4 hours)</i> - <i>Pulsars and binary systems as tests of gravitation (2 hours)</i>
--	---

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	N. Vittorio - "An overview of General Relativity and Space Time" N. Vittorio - "General Relativity: Analytical and Symbolic Problems with Mathematica" S. Carroll - "Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity" F. Ricci, M. Bassan - "Experimental Gravitation" J. Foster, J.D. Nightingale - "A short Course in General Relativity" R. Ruffini, H.C. Ohanian - "Gravitazione e Spazio-Tempo" J.B. Hartle - "Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity" C. M. Will - "Theory and Experiment in Gravitational Physics"
English	N. Vittorio - "An overview of General Relativity and Space Time" N. Vittorio - "General Relativity: Analytical and Symbolic Problems with Mathematica" S. Carroll - "Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity" F. Ricci, M. Bassan - "Experimental Gravitation" J. Foster, J.D. Nightingale - "A short Course in General Relativity" R. Ruffini, H.C. Ohanian - "Gravitation and space-time" J.B. Hartle - "Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity" C. M. Will - "Theory and Experiment in Gravitational Physics"

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 del corso non è obbligatoria, ma è raccomandata per una migliore comprensione del programma.
----------	---

English	Attendance of the course is not mandatory, but it is strongly suggested to the purpose of a better understanding of the syllabus.
---------	---

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

Lorenzo Aiello, Marina Migliaccio, Massimo Bassan

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza 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 di base e comprensione degli argomenti; 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	The examination will be evaluated according to the following criteria: Ineligible: major deficiencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations. 18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient. 21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning. 24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments. 27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment. 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