



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Fisica e Chimica - Emilio Segrè		
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2022/2023		
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2022/2023		
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	FISICA		
INSEGNAMENTO	THEORY OF GENERAL RELATIVITY		
TIPO DI ATTIVITA'	B		
AMBITO	50338-Astrofisico, geofisico e spaziale		
CODICE INSEGNAMENTO	22019		
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	FIS/05		
DOCENTE RESPONSABILE	CAROLLO ANGELO	Professore Associato	Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI			
CFU	6		
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	102		
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	48		
PROPEDEUTICITA'			
MUTUAZIONI			
ANNO DI CORSO	1		
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre		
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa		
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi		
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	CAROLLO ANGELO Lunedì 11:00 13:00 Edificio 18, viale delle Scienze Venerdì 11:00 13:00 Edificio 18, viale delle Scienze		

DOCENTE: Prof. ANGELO CAROLLO

PREREQUISITI	Fisica generale (con particolare attenzione a meccanica, fisica della gravitazione ed elettromagnetismo), teoria della relativita' ristretta;
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	Conoscenza e capacita' di comprensione Gli allievi devono apprendere gli aspetti basilari della Relativita' generale, della Cosmologia relativistica ed alcuni risultati fondamentali relativi. Si mira alla comprensione del calcolo tensoriale, degli aspetti di geometria differenziali necessari, dell'importanza dei principi di invarianza e delle proprieta' geometriche e fisiche dello spazio tempo in vari casi fisici. Gli studenti dovranno comprendere il percorso che porta alla derivazione delle equazioni del campo e della dinamica nonche' di alcune soluzioni di riferimento. Capacita' di applicare conoscenza e comprensione Si richiede di applicare le metodologie fisiche e matematiche apprese a casi fisici di riferimento (aspetti di base e problemi specifici) come, ad es., saper applicare le trasformazioni di sistema di riferimento per isolare ed analizzare aspetti fisici e matematici fondamentali. Autonomia di giudizio Capacita' di affrontare criticamente i problemi analizzati, nonche' di discutere prerogative e limiti della Relativita' Generale, dei suoi presupposti fisici e dei suoi ambiti di applicazione. Agli allievi e' richiesto compiere valutazioni e stime fisiche, affrontare in modo autonomo quesiti proposti nonche' compiere valutazioni sugli aspetti qualitativi e quantitativi della Relativita', oltre che su problemi tuttora aperti. Abilita' comunicative Viene richiesto di esporre in modo autonomo i vari aspetti della Relativita' affrontati durante il corso. Si richiede l'acquisizione del linguaggio e metodo specifici della Relativita'. Gli studenti nel corso delle lezioni sono chiamati a esporre e commentare problemi di base o legati a particolari contesti, e devono esporre gli argomenti in modo autonomo. Capacita' di apprendimento Agli studenti si suggerisce di approfondire gli argomenti di studio, principalmente attraverso i testi di consultazione proposti ma anche attraverso ulteriore materiale bibliografico o anche informazioni disponibili in rete (ovviamente affrontate criticamente) nonche' ulteriore materiale in ambito matematico o informatico. Gli allievi sono incoraggiati a cercare fonti e testi addizionali.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	Esame orale. L'esame mira a valutare la comprensione sia della problematica generale sia dei vari aspetti specifici (anche fenomenologici) della Relativita' generale e della cosmologia con attenzione anche a risultati rilevanti (ad es. la metrica di Schwarzschild, la metrica di FRW o l'evoluzione delle densita' delle varie componenti dell'Universo). Non sempre si richiede una derivazione dettagliata (tipicamente complicata) bensì, piu' spesso, di comprendere ed esporre gli aspetti cruciali e piu' concettuali della derivazione. Si richiede anche l'enunciazione degli aspetti generali della Relativita' e della Cosmologia, dei problemi collegati e delle loro soluzioni. E' importante anche che lo studente capisca la trattazione geometrica della realta' fisica, tipica della Relativita' Generale, le sue implicazioni e le applicazioni. La valutazione finale sara' graduata sulla base delle seguenti condizioni: a) conoscenza solo di base delle relativita' e capacita' limitata di sviluppare le argomentazioni o le derivazioni relative, sufficiente capacita' di esposizione e di analisi di fenomeni, problemi e soluzioni (voto 18-21); b) buona conoscenza della Relativita' e buona capacita' di sviluppare argomentazioni o derivazioni, buona capacita' di esposizione ed analisi dei fenomeni nonche' dei problemi concettuali e delle loro soluzioni (voto 22-25); c) conoscenza approfondita (ma non piena) della problematica della Relativita' Generale, esposizione ed analisi articolata, ma con qualche tentennamento, dei fenomeni, dei problemi e delle soluzioni relative (voto 26-28); d) conoscenza approfondita e piena dei concetti della Relativita' e piena padronanza nello sviluppare le argomentazioni o le derivazioni relative, eccellente capacita' di esposizione e di analisi, anche critica, dei fenomeni, dei problemi e delle soluzioni, nei migliori dei casi con contributi di studio ed analisi originali nonche' ottime capacita' comunicative (voto 29-30L).
OBIETTIVI FORMATIVI	Apprendimento della Relativita' generale, con enfasi sui concetti di covarianza e trasformazione di sistemi di riferimento. Si acquisiranno i concetti ed i metodi che conducono dai primi principi generali sino alla derivazione delle equazioni di campo, nonche' ad alcune importanti applicazioni quali la fisica dei buchi neri di Schwarzschild, la Cosmologia relativistica e le onde gravitazionali. Per poter conseguire tali obiettivi saranno acquisiti diversi aspetti di calcolo vettoriale e tensoriale, e della curvatura, su varieta' differenziabili.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali. Le lezioni sono svolte dal docente che sviluppa argomentazioni e calcoli alla lavagna: tale metodo consente una migliore e piu' graduale comprensione dell'argomento da parte degli allievi ed una migliore interazione con essi. L'approccio e' molto interattivo: interventi e domande degli studenti durante la spiegazione sono benvenuti e, spesso, quesiti sono posti dal docente

	agli studenti. Fasi critiche del corso (ad es. la derivazione delle equazioni del campo) sono opportunit� per discussioni e domande.
TESTI CONSIGLIATI	Libro di testo - Textbook M.P. Hobson, G. Efstathiou and A. N. Lasenby – General Relativity, An Introduction for Physicists – Cambridge U. P ISBN: 9780511790904 Testi di Approfondimento - Supplementary Readings: B. Schultz - A First Course in General Relativity - Cambridge U.P. - ISBN 9780511539954 S. Carroll - Spacetime and geometry. An introduction to general relativity - Pearson- ISBN 9781292026633 S. Weinberg- Gravitation and Cosmology – J. Wiley - ISBN: 9780471925675 C.W. Misner, K.S. Thorne, J.A. Wheeler – Gravitation - Princeton University Press - ISBN 9780691177793 Ta-Pei Cheng - Relativity, Gravitation and Cosmology - Oxford University Press - ISBN 9780199573646 M. Guidry - Modern General Relativity - Cambridge University Press - ISBN 9781107197893

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
2	Richiami di Relativita' ristretta, trasformazioni di Lorentz, quadrivettori, dinamica relativistica e tensore di energia-impulso. Cenni all'Elettrodinamica Relativistica.
3	Principio di Equivalenza, Aspetti sperimentali e fenomenologici della Relativita' Generale
3	Varieta` differenziabili
5	Calcolo Vettoriale su varieta` differenziabili
4	Calcolo tensoriale su varieta` differenziabili
5	Gravita' e curvatura dello spazio tempo
5	Equazioni del campo di Einstein
2	Verifiche sperimentali della relativita' generale e fenomeni astronomici relativistici
5	Buchi neri di Schwarzschild
1	Verifiche classiche e piu' recenti della Relativita' Generale
3	Metrica di Friedman-Robertson-Walker.
6	Modelli cosmologici.
4	Linearizzazione delle equazioni della Relativita` Generale e onde gravitazionali