



UNIVERSITÀ DI PISA

PHYSICS AND DETECTORS OF GRAVITATIONAL WAVES S / FISICA DELLE ONDE GRAVITAZIONALI S

FRANCESCO FIDECARO

Anno accademico 2021/22
CdS FISICA
Codice 256BB
CFU 6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
FISICA DELLE ONDE GRAVITAZIONALI A	FIS/02	LEZIONI	36	FRANCESCO FIDECARO

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Al termine del corso lo studente avrà acquisito le conoscenze necessarie ad iniziare una attività di ricerca nel campo delle onde gravitazionali. Avrà inoltre gli strumenti necessari per comprendere il contributo dei risultati ottenuti dalla rivelazione delle onde gravitazionali ad altri campi della fisica. Con l'accordo degli studenti il corso potrà essere tenuto in inglese.

Modalità di verifica delle conoscenze

La verifica avverrà attraverso un seminario su un argomento concordato e successiva discussione. Si valuterà la padronanza dell'argomento scelto e del suo contesto scientifico.

Capacità

Al termine del corso lo studente potrà valutare il rumore presente di un rivelatore di onde gravitazionali e i tipi di segnali che possono essere rivelati, qual'è lo stato della disciplina e le prospettive future.

Modalità di verifica delle capacità

Le capacità saranno verificate nell'ambito del seminario finale.

Comportamenti

Lo studente potrà acquisire conoscenze trasversali in numerosi campi della fisica rimasti a lungo separati, che vengono riuniti dallo studio della fisica delle onde gravitazionali.

Modalità di verifica dei comportamenti

Le conoscenze trasversali saranno valutate nel seminario finale.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

E' necessario avere una buona conoscenza della fisica classica: meccanica, gravitazione newtoniana, termodinamica, elettromagnetismo, relatività ristretta e dei primi elementi di meccanica quantistica.

La conoscenza della Relatività Generale è auspicabile .

Indicazioni metodologiche

Le lezioni si tengono con l'ausilio di un videoproiettore connesso a computer. Si riproduce la scrittura alla lavagna, corredata da immagini, grafici e filmati.

E' prevista la visita all'interferometro Virgo.

Programma (contenuti dell'insegnamento)

1. Cenni di Relatività generale. Trasformazioni di Lorentz. Invarianti. Tensori. Polvere e flusso di particelle. Tensore energia impulso. Derivata covariante. Tensore di curvatura. Deviazione geodetica. Moto con curvatura debole determinata da potenziale newtoniano. Metrica stazionaria e conservazione dell'energia. Equazione della geodetica per le componenti spaziali e secondo



UNIVERSITÀ DI PISA

- principio della dinamica. Equazioni di Einstein. Equazioni di Einstein in campo debole, equazione d'onda. Metrica di una onda gravitazionale in gauge TT. Effetto sulla materia. Analogia con le onde elettromagnetiche, espressione per il quadrupolo TT. Espressione per il flusso di energia associato alle onde gravitazionali. Energia irradiata da GW150914.
2. Sorgenti astrofisiche di onde gravitazionali. Lo spettro elettromagnetico e lo spettro di onde gravitazionali. Formula di emissione di quadrupolo. Stelle di neutroni e pulsar: contesto astrofisico e caratteristiche principali. Emissione elettromagnetica e formule approssimate di dipolo. Diagramma P-Pdot. Emissione di onde gravitazionali. Caso di ellissoide in rotazione. Angolo di inclinazione. Spin-down limit e limiti osservativi.
 3. Formula di flusso e luminosità nelle onde gravitazionali. Sistemi binari: contesto astrofisico e osservazioni. Binarie di stelle di neutroni e di buchi neri. Pulsar di Hulse-Taylor. Evoluzione dei sistemi binari. Emissione di onde gravitazionali da sistemi binari, inclinazione, luminosità. Decadimento orbitale e coalescenza. Massa di chirp. Emissione di onde gravitazionali da coalescenza. Le prime osservazioni di binarie di buchi neri durante O1, O2 e O3. Lo scenario osservativo futuro post O3.
 4. Astronomia multimessaggera. Sorgenti astrofisiche multimessaggere. Il caso dei GRB, supernovae e pulsar. Localizzazione e EM-follow up. Il programma di follow-up e il caso di GW150914. L'evento GW170817 e la nascita dell'astronomia multimessaggera. Osservazioni e risultati dall'evento. Cenno a interferometri di 3 generazione e LISA
 5. Introduzione all'analisi dati. Processi stocastici. Distribuzioni di probabilità a tempi diversi. Distribuzioni congiunte. Media e varianza. Autocorrelazione. Stazionarietà, rumore Gaussiano. Spettro di potenza. Significato e proprietà dello spettro di potenza. Richiamo al teorema di Bayes. Filtro ottimale e statistica associata. Matched filter e template. Rapporto segnale rumore. Analisi di segnali impulsivi con la statistica di eccesso di potenza. Rumore non stazionario e glitches. Probabilità di falso allarme, efficienza di rivelazione. Applicazioni di reti neurali nella caratterizzazione dei glitch negli interferometri. Analisi di sorgenti continue. Correzioni baricentriche e correzioni legate allo spin-down. Timing noise. Cenni ai tipi di metodi di ricerca: targeted, directed e all sky.

Bibliografia e materiale didattico

Bernard F. Schutz, A First Course in General Relativity, Cambridge University Press, 1985.
Misner, Thorne, Wheeler, Gravitation, W.H. Freeman & Co, 1973.
M. Maggiore, Gravitational Waves, Vol I and II, Oxford University Press.

Modalità d'esame

L'esame è composto da una prova orale sotto forma di seminario.

Ultimo aggiornamento 27/07/2021 11:01