

Corso di Laurea Magistrale in Fisica		Insegnamento / Course ASTROFISICA MULTIMESSENGER / MULTIMESSENGER ASTROPHYSICS		
SSD: FIS/05	CFU/Credits: 8	Anno di corso:	Lezione (ore): 64	Esercitazione (ore):
<p>Obiettivi formativi: La scoperta epocale della prima coalescenza di un sistema binario di stelle di neutroni nel 2017 attraverso sia le onde gravitazionali che elettromagnetiche ha suggellato la nascita della cosiddetta astronomia multimessaggera e ha aperto canali pressoché ancora inesplorati per studiare l'Universo. Questo corso affronta alcuni degli argomenti più caldi in questo nuovo settore. Particolare attenzione viene dedicata ad alcuni fra i transienti astrofisici più potenti, come i lampi di raggi gamma, i lampi radio veloci, le esplosioni di supernovae, così come le mutue connessioni. Questi fenomeni sono argomenti di punta della ricerca attuale. Interesse particolare è riservato alle classi di transienti che sono stati scoperti di recente in diverse finestre dello spettro elettromagnetico e/o attraverso la rivelazione di onde gravitazionali e/o di neutrini di alta energia. Queste sorgenti non sono solo interessanti per la fisica stessa che è alla base dei processi altamente energetici osservati (regime di gravità forte, implicazioni sull'evoluzione stellare, formazione di getti astrofisici, nucleosintesi stellare esplosiva e origine degli elementi, fisica degli shock relativistici, accelerazione di raggi cosmici), ma grazie alla loro eccezionale luminosità sono anche e soprattutto unici strumenti di esplorazione dell'Universo a diverse distanze cosmologiche, fino all'epoca della reionizzazione. Questi nuovi campi di ricerca sono in fibrillazione con scoperte sempre nuove e sono al centro dell'attenzione di comunità scientifiche internazionali. Il corso offre anche una rassegna degli esperimenti dedicati attuali e futuri.</p> <p>In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> - acquisire il rigore formale e le abilità indispensabili per saper impostare e risolvere problemi relativi ai suddetti argomenti, dimostrando così la padronanza degli argomenti necessaria per intraprendere attività di ricerca in tali campi 		<p>Training objectives: The epochal discovery of the first merger of a binary neutron star system in 2017 with both gravitational and electromagnetic waves heralded the birth of so-called multimessenger astronomy and opened yet unexplored channels to investigate the Universe. This course reviews some of the hottest topics in this newborn field. Special attention is paid to some of the most powerful astrophysical transients that play a crucial role in the evolution of the Universe, such as gamma-ray bursts, mergers of binary systems of compact objects as sources of gravitational waves, fast radio bursts, supernovae explosions, as well as their mutual connections. These phenomena are the subject of cutting-edge research. Particular emphasis is given to the classes of transients, that have recently been discovered in different windows of the electromagnetic spectrum and/or through the detection of gravitational waves and/or high-energy neutrinos. Not only are these sources per se interesting for the physics itself that is responsible for the observed highly energetic processes (strong gravity regime, implications on stellar evolution, jet formation, explosive stellar nucleosynthesis and origin of elements, relativistic shock physics, cosmic ray acceleration) but thanks to their luminosity they also represent unique probes of the Universe at different cosmological distances, out to the reionization epoch. These novel fields of research are bubbling with new findings and are the focus of worldwide scientific communities. The course also outlines the current and future dedicated experiments.</p> <p>In particular, at the end of the course the student will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - acquire the formal rigour and the skills necessary to set up and solve problems relating to the aforementioned topics, thus demonstrating the mastery of the topics necessary to undertake research activities in these fields 		

Programma sintetico (sillabo):

Argomenti principali: classificazione e fisica di base delle supernovae. Lampi di raggi gamma. Onde gravitazionali da sistemi binari. Lampi radio veloci. Sorgenti di neutrini di alta energia. Esperimenti correnti e futuri nel campo dell'astrofisica multimessaggera.

Argomenti dettagliati: esplosioni stellari. Supernovae: idrodinamica di una SN. Classificazione osservativa e fisica. Supernovae termonucleari e core-collapse. Interpretazione e modellamento della curva di luce di una SN: fasi fotosferica e nebulare. Shock "break-out". Supernovae superluminose (SLSNe): proprietà osservate e meccanismi proposti. Lampi di raggi gamma (ing. GRB): classificazione e interpretazioni. Problema della compattezza e prova di un flusso relativistico di materia espulsa. Afterglow di GRB e getti relativistici. Progenitori di GRB di lunga durata: core-collapse di stelle massive spogliate dell'involucro esterno di idrogeno. Progenitori di GRB di breve durata: coalescenza di sistemi binari di stelle di neutroni. Emissione di onde gravitazionali: sistemi binari di stelle di neutroni e la pulsar doppia di Hulse-Taylor. Onde gravitazionali di sistemi binari coalescenti. Rivelazione di onde gravitazionali attraverso interferometri e risultati dai primi run degli esperimenti congiunti LIGO-Virgo. La prima coalescenza di un sistema binario di stelle di neutroni osservata con onde sia gravitazionali che elettromagnetiche: GW170817 e GRB170817A e la nascita dell'astronomia multimessaggera. Kilonova. Il nuovo fenomeno dei lampi veloci radio (ingl. FRB) assieme a diverse interpretazioni proposte. Neutrini cosmici di alta energia: scoperta di neutrini TeV-PeV da sorgenti extragalattiche poste a distanza cosmologica. Osservazioni multimessaggero di un blazar in eruzione coincidente con un neutrino di alta energia e implicazioni. Rassegna di esperimenti attuali e futuri nello studio multimessaggero del cielo transiente: mappature a largo campo e a grande cadenza in diverse finestre dello spettro elettromagnetico (Pan-STARRS; ZTF; VRO -noto in precedenza come LSST-; SKA; CTA; THESEUS), interferometri gravitazionali attualmente operativi (LIGO-Virgo) e di generazione futura (2G, 3G), osservatori di neutrini di alta energia (IceCube ed esperimenti di generazione futura).

Synthetic program (syllabus):

Main topics: Supernovae classification and basic physics. Gamma-ray bursts. Gravitational waves from binary systems. Fast-radio bursts. Sources of high-energy neutrinos. Current and forthcoming experiments in the field of multimessenger astrophysics.

Detailed topics: stellar explosions. Supernovae: hydrodynamics of a SN. Observational and physical classification. Thermonuclear and core-collapse SNe. SN light curve interpretation and modelling: photospheric and nebular phases. Shock break-out. Superluminous SNe: observed properties and proposed mechanisms. Gamma-ray bursts: classification and interpretations. Compactness problem and evidence for ultra-relativistic outflow. GRB afterglows and jets. Long GRB progenitors: core-collapse of hydrogen-stripped massive stars. Short GRB progenitors: mergers of binary neutron star systems. Gravitational wave emission: binary neutron star systems and the Hulse-Taylor pulsar. Gravitational waves from coalescing binaries. Gravitational wave detection through interferometers and results from the first runs of the LIGO-Virgo experiments. The first merger of a binary neutron star system detected with both gravitational and electromagnetic waves: GW170817 and GRB170817A and the birth of multimessenger astronomy. Kilonova. The novel phenomenon of fast radio bursts, along with some possible interpretations. Cosmic high-energy neutrinos: discovery of TeV-PeV neutrinos from extragalactic sources at cosmological distances. Multimessenger observations of a flaring blazar coincident with a high-energy neutrino and implications. Review of current and future experiments in the multimessenger study of the transient sky: wide-field, high-cadence surveys in different windows of the electromagnetic spectrum (Pan-STARRS; ZTF; VRO -former LSST-; SKA; CTA; THESEUS), current (LIGO-Virgo) and future generation (2G, 3G) gravitational wave interferometers, high-energy neutrino observatories (IceCube and next generation experiments).

Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -

Prerequisiti / Prerequisites: - relatività speciale e generale, elettromagnetismo classico, fisica generale, meccanica classica e quantistica, nozioni di struttura ed evoluzione stellare, nozioni di trasporto radiativo e processi radiativi, nozioni di dinamica dei fluidi astrofisici e onde, nozioni di meccanismi di accelerazione di particelle. / special and general relativity, classical electromagnetism, general physics, classical and quantum mechanics, notions of stellar structure and evolution, notions of radiative transport and radiative processes, notions of dynamics of astrophysical fluids and waves, notions of particle acceleration mechanisms.

Finalità e modalità di verifica dell'apprendimento

L'esame orale, mira a verificare la solidità delle conoscenze, l'abilità di saper fare collegamenti fra i vari argomenti, nonché il rigore formale necessario nel presentare ogni argomento.

Final test:

The exam aims at assessing the expertise acquired by the student, their ability to establish connections between the different topics and aspects of the course, as well as the formal mathematical rigour demanded by each topic.

Il corso può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / The course can be given in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)