

**CORSO DI STUDIO *Physics (LM-17)***
**ANNO ACCADEMICO 2024-2025**
**DENOMINAZIONE DELL'INSEGNAMENTO *Multimessenger Astrophysics***

| Principali informazioni sull'insegnamento  |  |
|--|--|
| Anno di corso                              | 2°                                     |
| Periodo di erogazione                      | 1° semestre: Settembre - Dicembre 2024 |
| Crediti formativi universitari (CFU/ECTS): | 3                                      |
| SSD  | FIS/05                                 |
| Lingua di erogazione                       | Inglese                                |
| Modalità di frequenza                      | Raccomandata, non obbligatoria         |

| Docente        |   |
|----------------|---|
| Nome e cognome | Elisabetta Bissaldi   |
| Indirizzo mail | Elisabetta.bissaldi@poliba.it                                     |
| Telefono       | 349 2939262   |
| Sede           | Dipartimento Interateneo di Fisica, Via E. Orabona 4, 70125, Bari |
| Sede virtuale  |   |
| Ricevimento    | Ogni martedì, dalle 10 alle 12, previo appuntamento               |

| Organizzazione della didattica |                    |  |                    |
|--------------------------------|--------------------|--|--------------------|
| Ore                            |                    |  |                    |
| Totali                         | Didattica frontale | Pratica (laboratorio, campo, esercitazione, altro) | Studio individuale |
| 75                             | 16                 | 15   | 44                 |
| CFU/ECTS                       |                    |  |                    |
| 3                              | 2                  | 1  |                    |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Obiettivi formativi</b> | <p><i>Conoscenze avanzate dell'astrofisica dei raggi gamma nel contesto multimessaggero.</i></p> <p><i>Principali proprietà delle sorgenti extragalattiche: focus su Gamma-Ray Bursts (GRB) e Nuclei Galattici Attivi (AGN).</i></p> <p><i>Osservatori spaziali e terrestri attualmente operativi.</i></p> <p><i>Enfasi sulle ultime scoperte scientifiche nell'astrofisica multimessaggera:</i></p> <p><i>(1) scoperta di onde gravitazionali (gravitational waves, GW) e loro associazione con controparti elettromagnetiche, ad es. GRB 170817°;</i></p> <p><i>(2) osservazione dell'emissione di neutrini dalla direzione di AGN noti, ad es. TX 0506+056.</i></p> |
| <b>Prerequisiti</b>        | <i>Concetti base di astrofisica, fisica stellare, fisica dei raggi cosmici</i>   |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Metodi didattici</b> | <i>Lezioni frontali in aula, con il supporto del videoproiettore e di altri computer connessi in rete, attività di team building durante le esercitazioni laboratoriali, revisione tra pari.</i> |
|-------------------------|--|

|  |  |
|--|--|
| <b>Risultati di apprendimento previsti</b>       |  |
| <b>DD1 Conoscenza e capacità di comprensione</b> | <p>DD1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Conoscenza degli aspetti di base dei fenomeni astrofisici ad alta energia</i></li> <li>• <i>Focus sulla fisica dei GRB e sulla connessione con le onde gravitazionali</i></li> <li>• <i>Focus sulla fisica degli AGN e sulla connessione con i rilevamenti di neutrini</i></li> </ul> |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>DD2</b> Conoscenza e capacità di comprensione applicate</p> <p><b>DD3-5</b> Competenze trasversali</p> | <p><b>DD2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacità di analizzare criticamente e riassumere un articolo scientifico;</li> <li>● Capacità di eseguire semplici analisi dei dati sperimentali ottenuti dagli strumenti a bordo del satellite Fermi</li> <li>● Competenze informatiche relative all'elaborazione e all'analisi dei dati nonché alla presentazione di campioni di dati;</li> </ul> <p><b>DD3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Autonomia di giudizio <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Capacità di stimare e classificare le sorgenti astrofisiche analizzate in base alle relative proprietà spettrali e temporali.</li> </ul> </li> <li>● Abilità comunicative <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Capacità di espressione in lingua inglese;</li> <li>b. Abilità di presentazione;</li> <li>c. Abilità nell'esposizione di risultati sperimentali utilizzando un linguaggio scientifico appropriato;</li> </ul> </li> <li>● Capacità di apprendere in modo autonomo <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Capacità di apprendere e trasferire semplici procedure sperimentali;</li> <li>b. Capacità di lavorare in gruppo, e di inserirsi rapidamente ed efficacemente negli ambienti di lavoro.</li> </ul> </li> </ul>  |
| <p><b>Contenuti di insegnamento (Programma)</b></p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Rivelazione della radiazione gamma (satellitare e telescopi): rivelatori a scintillazione, telescopi a produzione di coppia, telescopi Cherenkov. <ul style="list-style-type: none"> <li>o Missioni spaziali attualmente operative: highlight su Fermi, con i suoi due strumenti, il Large Area Telescope (LAT) e il Gamma-Ray Burst Monitor (GBM).</li> <li>o Telescopi Cherenkov attualmente operativi: MAGIC, H.E.S.S. Prospettive per il futuro Cherenkov Telescope Array (CTA).</li> </ul> </li> <li>2) Sorgenti extragalattiche visibili alle energie dei raggi gamma: focus su AGN e GRB. Caratteristiche temporali e spettrali. Studi multifrequenza. Domande aperte nel contesto multimessaggero.</li> <li>3) Teoria e rivelazione delle onde gravitazionali. Interferometri.</li> <li>4) Principi di rivelazione dei neutrini. L'esperimento IceCube.</li> <li>5) Astrofisica multimessaggero: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Osservazioni di onde gravitazionali di LIGO/Virgo dal 2015 al 2020.</li> <li>o Caso di studio: emissione di GW e segnale elettromagnetico dall'evento GRB 170817A / GW 170817 osservato da LIGO/Virgo e Fermi.</li> </ul> </li> </ol> <p>Caso di studio: emissione di neutrini e segnale elettromagnetico dalla direzione del blazar TXS 0506+056 osservato da IceCube, Fermi e MAGIC.</p> |
| <p><b>Testi di riferimento</b></p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Spurio – “Probes of Multimessenger Astrophysics”</li> <li>2. Longair – “High-energy astrophysics”</li> <li>3. De Angelis &amp; Pimenta - “Introduction to Particle and Astroparticle Physics”</li> <li>4. Pubblicazioni recenti</li> </ol>   |
| <p><b>Note ai testi di riferimento</b></p>   | <p>Il testo di riferimento principale è il n.1. Gli altri testi possono essere consultati per rivedere concetti introduttivi e/o più specifici. Saranno inoltre presentate durante il corso una serie di recenti pubblicazioni del settore per approfondire alcuni aspetti.</p>  |
| <p><b>Materiali didattici</b></p>  | <p>Disponibili su Google Drive.</p>  |
| <p><b>Valutazione</b></p>  |  |
| <p>Modalità di verifica dell'apprendimento</p>   | <p>Relazione finale (20 min, 70%), esame orale (10 min, 30%)</p>   |
| <p>Criteri di valutazione</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Conoscenza e capacità di comprensione: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Solida conoscenza dei principi di base dell'astrofisica multimessaggero</li> </ul> </li> <li>● Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</li> </ul>  |

|   |  |
|---|--|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>o <i>Capacità di identificare e discutere vari tipi di sorgenti astrofisiche come AGN e GRB;</i></li> <li>o <i>Capacità di stimare gli errori di una misura e di rappresentare graficamente i dati sperimentali in modo appropriato;</i></li> <li>● <i>Autonomia di giudizio:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <i>Capacità di valutare, descrivere e discriminare le proprietà temporali e spettrali delle sorgenti astrofisiche, ad es. tra GRB corti e lunghi;</i></li> </ul> </li> <li>● <i>Abilità comunicative:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <i>Capacità di scrivere un rapporto riassuntivo completo;</i></li> <li>o <i>Capacità di presentare i risultati in modo chiaro ed esauriente</i></li> </ul> </li> <li>● <i>Capacità di continuare ad apprendere:</i></li> </ul> <p><i>Curiosità e interesse ad approfondire e approfondire la conoscenza</i></p> |
| <p>Criteria di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale</p> | <p><i>Report finale chiaro ed esaustivo; Solide conoscenze dimostrate durante l'esame orale finale. Il voto finale è attribuito in trentesimi. L'esame si intende superato quando il voto è maggiore o uguale a 18.</i></p>  |
| <p><b>Altro</b></p>   |  |
|   |  |