



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

|                                                  |                                                                                                                                                                                      |                      |                  |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|
| DIPARTIMENTO                                     | Fisica e Chimica - Emilio Segrè                                                                                                                                                      |                      |                  |
| ANNO ACCADEMICO OFFERTA                          | 2017/2018                                                                                                                                                                            |                      |                  |
| ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE                       | 2018/2019                                                                                                                                                                            |                      |                  |
| CORSO DILAUREA MAGISTRALE                        | FISICA                                                                                                                                                                               |                      |                  |
| INSEGNAMENTO                                     | LABORATORIO DI ASTROFISICA                                                                                                                                                           |                      |                  |
| TIPO DI ATTIVITA'                                | C                                                                                                                                                                                    |                      |                  |
| AMBITO                                           | 20901-Attività formative affini o integrative                                                                                                                                        |                      |                  |
| CODICE INSEGNAMENTO                              | 04149                                                                                                                                                                                |                      |                  |
| SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI                 | FIS/05                                                                                                                                                                               |                      |                  |
| DOCENTE RESPONSABILE                             | BARBERA MARCO                                                                                                                                                                        | Professore Associato | Univ. di PALERMO |
| ALTRI DOCENTI                                    |                                                                                                                                                                                      |                      |                  |
| CFU                                              | 6                                                                                                                                                                                    |                      |                  |
| NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE    | 78                                                                                                                                                                                   |                      |                  |
| NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA | 72                                                                                                                                                                                   |                      |                  |
| PROPEDEUTICITA'                                  |                                                                                                                                                                                      |                      |                  |
| MUTUAZIONI                                       |                                                                                                                                                                                      |                      |                  |
| ANNO DI CORSO                                    | 2                                                                                                                                                                                    |                      |                  |
| PERIODO DELLE LEZIONI                            | 1° semestre                                                                                                                                                                          |                      |                  |
| MODALITA' DI FREQUENZA                           | Facoltativa                                                                                                                                                                          |                      |                  |
| TIPO DI VALUTAZIONE                              | Voto in trentesimi                                                                                                                                                                   |                      |                  |
| ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI             | <b>BARBERA MARCO</b><br>Martedì 15:30 17:30 Laboratorio XACT dell'INAF-OAPA in via G.F. Ingrassia 31<br>Giovedì 15:30 17:30 Laboratorio XACT dell'INAF-OAPA in via G.F. Ingrassia 31 |                      |                  |

DOCENTE: Prof. MARCO BARBERA

|                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PREREQUISITI                      | <ul style="list-style-type: none"><li>- Conoscenza di base delle leggi della Fisica classica e in particolare: elettromagnetismo, ottica geometrica, teoria cinetica dei gas.</li><li>- Processi di interazione radiazione materia.</li><li>- Metodologie standard per l'analisi ed il trattamento dei dati e degli errori ad essi associati.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI | <ul style="list-style-type: none"><li>- Conoscenza e capacita' di comprensione<br/>Acquisizione delle conoscenze fondamentali sulla strumentazione utilizzata per la rivelazione di radiazione elettromagnetica in Astronomia, ed in particolare nella banda dei raggi X. Conoscenza delle principali caratteristiche tecniche di alcuni strumenti in uso o in fase di sviluppo (ottiche e rivelatori) e capacita' di identificare limiti e punti di forza di questi strumenti per un loro utilizzo scientifico in Astronomia.</li><li>- Capacita' di applicare conoscenza e comprensione<br/>Capacita' di applicare le conoscenze acquisite per progettare e svolgere un programma di osservazioni astronomiche, ad esempio in banda visibile, oppure un programma di misure in laboratorio nell'ambito di un'attivita' di sviluppo o calibrazione di strumentazione per la rivelazione e focalizzazione di raggi X.</li><li>- Autonomia di giudizio<br/>Capacita' di contribuire, nell'ambito di un programma di misure sperimentali, alla scelta dell'apparato sperimentale idoneo, della procedura di misura da adottare e degli algoritmi per l'analisi e l'elaborazione dei dati. Capacita' di interpretare i risultati delle misure e le incertezze sperimentali associate.</li><li>- Abilita' comunicative<br/>Capacita' di presentare con chiarezza e competenza, sia in forma scritta che orale, i risultati ottenuti da un programma di misure o di analisi dati. Capacita' di sintesi nell'esposizione e abilita' nell'utilizzo di strumenti grafici per la presentazione dei prodotti di un lavoro scientifico.</li><li>- Capacita' d'apprendimento<br/>Capacita' di studio e approfondimento su libri di testo, su pubblicazioni scientifiche di Astronomia osservativa ed in particolare di strumentazione per la rivelazione di raggi X, e su rapporti tecnici. Capacita' di seguire con profitto seminari e conferenze specialistiche nel settore.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO    | <p>La verifica finale consiste nella preparazione di una relazione riguardante l'attivita' svolta dallo studente in laboratorio e da una prova orale. La relazione di laboratorio generalmente contiene una descrizione di: obiettivi dell'esperienza, set-up sperimentale utilizzato, esperimenti svolti e metodologia utilizzata per l'analisi dei dati, risultati ottenuti. Gli esperimenti e le relative relazioni vengono svolte in gruppi di due-tre studenti, in modo tale da coniugare la capacita' di lavorare in autonomia con la capacita' di confrontarsi in gruppo. La preparazione delle relazioni ha lo scopo di stimolare lo studente a relazionare su una attivita' scientifica con capacita' di sintesi, chiarezza espositiva, e terminologia appropriata.</p> <p>La prova orale consiste in un esame-colloquio in cui il candidato e' chiamato a presentare e difendere la propria relazione di laboratorio. Durante questa discussione, prendendo spunto dalla relazione ma non solo, al candidato viene chiesto di approfondire alcuni argomenti che sono stati trattati durante il corso. Tale prova consente di valutare, oltre alle conoscenze del candidato e alla sua capacita' di applicarle, anche il possesso di proprieta' di linguaggio scientifico e di capacita' di esposizione chiara e diretta.</p> <p>La valutazione finale, opportunamente graduata, sara' formulata sulla base delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Conoscenza di base dei fondamenti teorici delle tecniche sperimentali oggetto dell'insegnamento, sufficiente grado di consapevolezza e di autonomia nella difesa delle attivita' svolte in laboratorio e della relazione (18-22);</li><li>b) Conoscenza buona dei fondamenti teorici delle tecniche sperimentali oggetto dell'insegnamento, discreto grado di consapevolezza e di autonomia nella difesa delle attivita' svolte in laboratorio e della relazione (23-26);</li><li>c) conoscenza approfondita dei fondamenti teorici delle tecniche sperimentali oggetto dell'insegnamento, buon grado di consapevolezza e di autonomia nella difesa delle attivita' svolte in laboratorio e della relazione (27-30 e lode);</li></ul> |
| OBIETTIVI FORMATIVI               | <p>Gli studenti del corso di Laboratorio di Astrofisica acquisiranno una conoscenza di base sulle principali tecniche di rivelazione di radiazione elettromagnetica usate in Astronomia delle alte energie e svilupperanno la capacita' di comprendere e valutare le caratteristiche tecniche (area efficace, campo di vista, risoluzione angolare, risoluzione energetica, risoluzione temporale) che determinano il funzionamento e le prestazioni di una strumentazione utilizzata in astronomia X. Gli studenti metteranno a confronto alcune strumentazioni in uso su missioni spaziali attualmente operative o in fase di sviluppo. In ultimo verra' fatta una introduzione alle tecnologie del vuoto utilizzate in laboratorio per lo</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | <p>sviluppo e calibrazione di strumentazione per astrofisica delle alte energie. Le attività di laboratorio sono articolate in due moduli: uno di astronomia ottica e uno di strumentazione X.</p> <p>Nel corso del primo modulo gli studenti acquisiranno le competenze necessarie per condurre un programma osservativo di stelle variabili. Per questa esperienza si farà uso di un telescopio ottico dell'INAF-OAPA alloggiato nella Specola della sede distaccata del DiFC a Palazzo dei Normanni. Nel secondo modulo gli studenti acquisiranno la capacità di utilizzare apparecchiature per la rivelazione di raggi X soffici svolgendo un'esperienza completa che includerà la preparazione dell'apparato sperimentale, l'acquisizione delle misure e l'analisi dei dati. Questa esperienza verrà svolta presso il laboratorio XACT dell'INAF-OAPA.</p> |
| <b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b> | <p>L'insegnamento è semestrale e si svolge nel primo semestre del II anno del CdL magistrale in Fisica. L'attività didattica prevede lezioni frontali (3 CFU) ed esperienze di laboratorio (3 CFU). Le prime hanno lo scopo di fornire nuove conoscenze di base sulle principali tecniche di rivelazione di radiazione elettromagnetica usate in Astronomia, in particolare nel campo delle alte energie, e su alcuni aspetti legati alla necessità di utilizzare strumenti dallo Spazio. Le seconde hanno invece lo scopo di permettere agli studenti di effettuare un programma completo di osservazioni con un telescopio ottico e inoltre di utilizzare in laboratorio strumentazione per la rivelazione di raggi X nell'ambito di progetti di sviluppo e calibrazione di strumenti per Astronomia dallo spazio.</p>                                        |
| <b>TESTI CONSIGLIATI</b>              | <p>A.G. Michette and C.J. Buckley, 'X-Ray Science and Technology', 1993, Institute of Physics Publishing, Bristol, UK.</p> <p>G.W. Fraser, 'X-ray Detectors in Astronomy', 1989, Cambridge University Press.</p> <p>N. Harris, 'Modern Vacuum Practice', 1989, McGraw-Hill Book Company.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

### PROGRAMMA

| ORE | Lezioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Astronomia Osservativa: raggi cosmici, radiazione EM, onde gravitazionali.</li> <li>- Assorbimento Atmosferico della radiazione E.M.</li> <li>- Principali caratteristiche di un rivelatore di radiazione E.M. (Efficienza quantica, risoluzione spettrale, risoluzione temporale, risoluzione spaziale, polarizzazione).</li> <li>- Principali caratteristiche di un telescopio (Area efficace, risoluzione angolare).</li> </ul> |
| 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interazione radiazione materia nei raggi X.</li> <li>- Assorbimento fotoelettrico.</li> <li>- Coefficiente di attenuazione di massa di una sostanza monoatomica e di un composto chimico.</li> <li>- Strutture fini di assorbimento.</li> </ul>                                                                                                                                                                                    |
| 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sorgenti di raggi X in laboratorio.</li> <li>- La sorgente di raggi X ad impatto di elettroni. Emissione di riga e del continuo.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemi di monocromatizzazione dei raggi X.</li> <li>- Diffrazione di Fraunhofer da un reticolo, il LETG di Chandra.</li> <li>- Diffrazione di Bragg nei cristalli o multistrati.</li> <li>- Schemi di monocromatori X: Bragg-Bragg channel cut, Laue-Bragg, Bragg-Bragg a uscita fissa.</li> <li>- La soluzione scelta presso il laboratorio XACT di INAF-OAPA.</li> </ul>                                                        |
| 6   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rivelatori di raggi X.</li> <li>- Il contatore proporzionale a gas e gas scintillante.</li> <li>- La piastra a micro canali.</li> <li>- I rivelatori allo stato solido.</li> <li>- I microcalorimetri.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                  |
| 4   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ottiche per raggi X.</li> <li>- Principi di funzionamento: Riflessione totale, Diffrazione di Bragg e di Laue, Maschere codificate.</li> <li>- Geometrie: Kirkpatrick-Baez, Wolter, doppio cono, Spirale, Lobster eye.</li> <li>- Tecnologie: politura diretta, replica, fogli sottili, micropori di Si, film plastici, ottiche attive.</li> </ul>                                                                                 |
| 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Veicoli spaziali: palloni, razzi, satelliti.</li> <li>- Principali lanciatori.</li> <li>- Satelliti e caratteristiche delle diverse orbite.</li> <li>- Misura del tempo, controllo d'assetto, puntamento.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |
| 1   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cenni ad alcune missioni di Astronomia delle Alte Energie attualmente operative o in fase di progettazione e sviluppo.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3   | <p>Tecnologie del vuoto. Regime viscoso e molecolare. Velocità di pompaggio, throughput, conduttanza. Contributi principali di gas in regime di alto e ultra alto vuoto. Pompe da vuoto, misuratori di pressione, cercafughe, sonda a quattro poli.</p>                                                                                                                                                                                                                     |

| ORE | Laboratori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 24  | <p>1.Laboratorio di Astronomia ottica</p> <p>Svolgimento di un programma di osservazioni fotometriche al Telescopio Celestron C14 dell'INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo. Studio di sorgenti variabili o fotometria assoluta di ammassi.</p> <p>1.1Introduzione. - Fotometria differenziale e assoluta. Funzionamento e calibrazione di un CCD ottico. Il telescopio Celestron C14 dell'INAF-OAPA.</p> <p>1.2Scelta delle sorgenti campione e delle sorgenti di riferimento. Ricerca delle sorgenti su cataloghi e verifica della osservabilita' delle sorgenti selezionate (es: magnitudine, ampiezza di variabilita, sito osservativo, data di osservazione, etc.).</p> <p>1.3Determinazione dei tempi di esposizione in funzione delle proprieta' delle sorgenti selezionate e delle caratteristiche strumentali;</p> <p>1.4Svolgimento del programma di taratura dello strumento e osservazione delle sorgenti selezionate;</p> <p>1.5Analisi dei dati e confronto con i dati pubblicati in letteratura.</p> |
| 24  | <p>2. Laboratorio di Astronomia X</p> <p>Partecipazione ad un programma di misure sperimentali presso il laboratorio XACT dell'INAF-OAPA.</p> <p>2.1Introduzione. - Il laboratorio XACT e le sue principali componenti: sorgente di raggi X a impatto di elettroni, sistema da vuoto, rivelatori di raggi X. Utilizzo e controllo di questi strumenti.</p> <p>2.2Analisi dell'apparato sperimentale e definizione della tecnica di misura da utilizzare in ragione della quantita' da calibrare (trasmissione di materiali, efficienza di rivelazione, risoluzione energetica, capacita' d'immagine ed area efficace di ottiche per raggi X, etc.);</p> <p>2.3Svolgimento del programma di misure;</p> <p>2.4Analisi dei dati e interpretazione dei risultati.</p>                                                                                                                                                                                                                                                      |