UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Nuclear and Subnuclear Physics Laboratory

2627-3-E3001Q065

Obiettivi

1. Conoscenza e capacità di comprensione
Al termine del corso, lo studente avrà acquisito una solida conoscenza dei principi di funzionamento e delle caratteristiche dei principali rivelatori di particelle utilizzati in fisica nucleare e subnucleare, con particolare attenzione all'interazione radiazione-materia e alle tecniche di misura sperimentale applicate a contesti di ricerca di fisica delle particelle o radio-diagnostica.

2. Capacità di applicare conoscenza e comprensione
Lo studente sarà in grado di utilizzare strumentazione scientifica per la rivelazione di radiazione ionizzante e di applicare in modo autonomo le conoscenze acquisite alla progettazione, realizzazione e ottimizzazione di esperienze di laboratorio, inclusa l'analisi statistica dei dati sperimentali e il confronto critico con i modelli teorici.

3. Autonomia di giudizio
Il corso stimolerà lo sviluppo della capacità critica degli studenti, che saranno in grado di valutare l'affidabilità delle misure effettuate, identificare le principali fonti di incertezza sperimentale, proporre miglioramenti al setup o alla metodologia e interpretare risultati inattesi in modo costruttivo e fondato.

4. Abilità comunicative
Gli studenti acquisiranno la capacità di redigere in modo chiaro e rigoroso relazioni tecnico-scientifiche relative alle attività svolte in laboratorio, nonché di esporre e discutere oralmente i risultati ottenuti e i contenuti teorici del corso, anche in contesti di lavoro in gruppo.

5. Capacità di apprendimento
Il corso favorirà lo sviluppo di un metodo scientifico autonomo e di competenze trasversali utili all'apprendimento continuo.
Lo studente acquisirà:

- strumenti metodologici per apprendere in autonomia nuove tecniche sperimentali in fisica nucleare e subnucleare,

- capacità di documentarsi su articoli scientifici, manuali tecnici, documentazione relativa alla strumentazione e software di analisi dati,
- competenze utili per proseguire in attività di laboratorio, tesi sperimentali o corsi avanzati nel campo della fisica sperimentale delle particelle, della strumentazione per la rivelazione di radiazione e delle tecnologie associate.

Contenuti sintetici

- Introduzione ai principi base per la rivelazione di radiazione ionizzante

- Esperienze con rivelatori di radiazione alfa per misure spettroscopiche e di interazione della radiazione alfa con la materia

- Esperienze con rivelatori di radiazione gamma per misure spettroscopiche, di interazione radiazione gamma con la materia, di effetto Compton, o di apparato semplificato per la PET

- Esperienza con rivelatori organici scintillanti per la caratterizzazione e rivelazione dei raggi cosmici al suolo

- Esperienze con rivelatori inorganici scintillanti accoppiati a SiPM per la rivelazione di radiazione gamma e raggi cosmici.

Programma esteso

Introduzione alla rivelazione di particelle: sorgenti di radiazioni, dosimetria, principi base di interazione radiazione-materia, principi base di funzionamento dei rivelatori di particelle più comuni per misure di spettroscopia o di tempo di interazione, trattamento del segnale, acquisizione ed analisi dati.

Esperienza pratica su una delle 8 a disposizione in laboratorio: spettroscopia gamma, misura Effetto Compton, spettroscopia alfa, esperimento di Rutherford, esperienza con scintilatori+SiPM, esperienza simil-PET (2), misure di muoni cosmici al suolo.

In particolare le esperienze vertono sui seguenti argomenti:

- Esperienze di Spettroscopia alfa, beta e gamma: ottimizzazione, taratura e caratterizzazione di rivelatori a stato solido; misure di attività; misure di relazioni energia/percorso e di ionizzazione specifica di particelle alfa; misure di assorbimento della radiazione gamma e misure di correlazioni in energia, angolo e tempo nei decadimenti nucleari, misure di Scattering Compton, misure con apparato simil-PET.

- Caratterizzazione della radiazione cosmica al suolo usando scintillatori plastici e tecniche di coincidenza/anticoincidenza/veto.

- Misure di spettroscopia gamma e di rivelazione di raggi cosmici con cristalli scintillanti inorganici accoppiati a rivelatori SiPM: caratterizzazione e comprensione delle particolarità dei rivelatori SiPM, ottimizzazione dei parametri di acquisizione, misure di spettroscopia gamma confrontando diversi cristalli scintillanti.

Prerequisiti

- Conoscenza di base di root o Python per analisi dati
- Conoscenze di base di analisi statistica dei dati

Modalità didattica

- **Didattica erogativa in presenza: lezioni frontali introduttive**: lezioni di 2 ore per un totale di 12, svolte all'inizio di ciascun semestre per gli studenti che svolgeranno la parte pratica in quel semestre. Vengono trattati gli argomenti necessari per lo svolgimento e la comprensione delle esperienze del laboratorio

- **Didattica interattiva in presenza: parte pratica**: 84 ore svolte in incontri di 4 ore ciascuno per 2 mattine a settimana, da svolgere a scelta nel primo o secondo semestre (fino a riempimento dei posti disponibili). Nel corso delle 84 ore gruppi di 2 o 3 studenti svolgeranno una sola esperienza tra quelle disponibili per l'intero arco di durata del laboratorio. La preferenza del semestre viene espressa per mezzo di un apposito questionario che verrà pubblicato sulla pagina elearning il giorno 30 luglio con scadenza 14 settembre, dopo avviso tramite forum agli iscritti alla pagina. L'effettiva partecipazione al semestre scelto dipenderà dal raggiungimento o meno della soglia prevista. In caso di superamento del numero massimo per un semestre, qualora ci fosse ancora disponibilità per l'altro semestre, la scelta si baserà sull'ordine cronologico di risposta al questionario. Prima dell'inizio della parte pratica gli studenti saranno invitati dal docente di riferimento ad esprimere le loro preferenze circa la composizione dei gruppi e la scelta dell'esperienza. L'assegnazione finale dell'esperienza verrà fatta dal docente, che terrà conto delle preferenze espresse e delle esigenze pratiche del laboratorio.

Materiale didattico

- Dispense e registrazioni delle lezioni introduttive

- Testo di riferimento: G.F.Knoll, “Radiation Detection and Measurement”

- Guide pratiche per le esperienze

- Manuali dei vari strumenti utiizzati in laboratorio

- Tabelle relative ai decadimenti alfa/beta e gamma

- Relazioni degli anni precedenti sulle esperienze del laboratorio

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Lezioni frontali erogate all'inizio di ciascun semestre.

Parte pratica nel primo o secondo semestre a seconda del semestre assegnato (vedi modalità di assegnazione nella sezione "Modalità Didattica").

Modalità di verifica del profitto e valutazione

- **Prove in itinere**: non sono previste prove in itinere ma parte integrante della valutazione finale è data dall'osservazione e dall'Interazione diretta del docente con gli studenti in laboratorio. Vengono valutati: grado di impegno e coinvolgimento attivo, capacità di porsi domande atte a comprendere e approfondire ciò che si fa, attitudine ad affrontare i problemi in modo critico e costruttivo, sfruttando tutte le risorse messe a disposizione dal docente ma anche approfondendo, se necessario, in maniera autonoma.

- **Prova scritta**: relazione finale di gruppo relativa all'esperienza che si è svolta durante il corso di laboratorio, da consegnare una settimana lavorativa prima dell'orale. L'elaborato deve illustrare in modo sintetico ma completo e autoconsistente (è possibile includere citazioni) il problema di fisica in esame, la strumentazione a disposizione la procedura sperimentale, l'analisi critica e statistica dei dati, il confronto con le attese e la conclusione. La relazione deve esser inviata al docente almeno una settimana prima della data prevista per l'orale. Tale relazione costituisce parte integrante della valutazione finale e saranno valutati: la struttura dell'elaborato, la chiarezza, la completezza dei contenuti (senza riportare l'intera teoria, per la quale è possibile mettere citazioni, ma riportando il minimo che serve per rendere l'elaborato autoconsistente), la capacità di sintesi, la completezza dell'analisi statistica dei risultati, la capacità di analisi critica dei risultati.

- **Esame orale**: ciascuno studente deve affrontare anche un colloquio (anche in inglese qualora lo studente lo richiedesse), la cui data di svolgimento va concordata col docente. I colloqui possono essere svolti singolarmente o insieme dai componenti di ciascun gruppo. Il colloquio verterà sulla relazione di laboratorio portata ma anche sugli argomenti spiegati durante le lezioni introduttive. Saranno valutati: il grado di conoscenza, di comprensione ed approfondimento di tutti gli aspetti legati all'esperienza che si è svolta (tema di fisica, rivelatori utilizzati, catena elettronica di lettura del segnale e sua ottimizzazione, metodologia utilizzata per la misura, analisi dei dati e confronto con le attese), la chiarezza e completezza espositiva, lo spirito critico nell'analisi dei risultati ottenuti e l'attitudine a trovare spiegazioni qualora differiscano dalle attese.

Il voto finale sarà basato su tutti i tre elementi elencati sopra, ma senza una suddivisione netta a priori.

Orario di ricevimento

Quotidiano, previo accordo via email col docente

Sustainable Development Goals

SALUTE E BENESSERE | ISTRUZIONE DI QUALITÁ | PARITÁ DI GENERE