

Corso di Laurea Magistrale in Fisica		Insegnamento / Course REAZIONI NUCLEARI / NUCLEAR REACTIONS		
SSD: FIS/04	CFU/Credits: 8	Anno di corso: I	Lezione (ore): 52	Esercitazione (ore): 12
<p>Obiettivi formativi:</p> <p>Le reazioni nucleari sono lo strumento piu' importante per indagare la struttura dei nuclei atomici e la produzione di nuclei non presenti in natura, cosi' come quelli presenti in altri ambienti come quello astrofisico o per scopi applicativi.</p> <p>Il corso intende fornire allo studente un quadro di base della teoria quantistica della diffusione e della sua applicazione al caso delle collisioni nucleo-nucleo facendo ampio riferimento alle tecniche sperimentali ed a risultati di misure riportate in letteratura.</p> <p>Al termine del corso lo studente sar� in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esaminare le diverse osservabili che caratterizzano una reazione nucleare - Poter collegare gli andamenti delle osservabili a caratteristiche dei nuclei - Fare riferimento ai modelli di reazioni e alle sistematiche - Progettare un esperimento in termini degli obiettivi della misura, di previsioni sulle sezioni d'urto, cinematica, intensita' del fascio, dimensioni dei bersagli, identificazione dei prodotti di reazione e efficienza di rivelazione. 		<p>Training objectives:</p> <p>Nuclear reactions are the most important tool to investigate the structure of the atomic nuclei and the production of nuclei not naturally occurring as well as those occurring in many other environments like the astrophysical environment or for application purposes.</p> <p>The course aims to provide the student with a basic framework of quantum diffusion theory and its application to the case of nucleus-nucleus collisions, making extensive reference to experimental techniques and to the results of measurements reported in the literature.</p> <p>At the end of the course the student will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Examine the different observables that characterize a nuclear reaction - To be able to link the trends of observables to characteristics of nuclei - Refer to the reaction models and systematics - Design an experiment in terms of the objectives of the measurement, predictions on cross sections, kinematics, beam intensity, target sizes, identification of reaction products and detection efficiency. 		

Programma sintetico (sillabo):

Richiami sulla struttura e sulle proprietà del nucleo atomico. Massa ed energia di legame. Carta dei nuclidi. Fenomenologia delle reazioni nucleari: Nota storica sulle reazioni nucleari. Caratteristiche qualitative delle reazioni nucleari. Classificazione delle reazioni nucleari. Osservabili e loro relazione con le proprietà dei nuclei. Leggi di conservazione e simmetrie. Cinematica delle reazioni binarie. Equazione del Q valore e sue soluzioni. Concetto di sezione d'urto e sua misura. Descrizione classica e semi-classica. Diffusione Coulombiana: formula di Rutherford, effetti quantistici e relativistici. Scattering anomalo. Reazioni inverse e teorema di reciprocità.

Elementi di teoria formale della diffusione: Sezione d'urto. Equazione di Schrödinger per una particella diffusa da un potenziale. Sviluppo in onde parziali. Matrice di diffusione e sfasamenti. Teoria semiclassica WKB (Wentzel-Kramers-Brillouin). Approssimazione di Born in onde piane (PWBA) ed in onde distorte (DWBA). Equazione integrale della diffusione; operatori e funzioni di Green. Teoria elementare delle risonanze isolate. Diffusione elastica e nucleo composto. Stati isobarici analoghi ed eccitazione risonante. Teoria del continuo e modello per la formazione e decadimento del nucleo composto.

Modelli: Assorbimento forte. Sharp e smooth cutoff. Modello ottico. Reazioni di nucleo composto.

Risonanze e regione del continuo. Reazioni Dirette: approssimazione di Born. Diffusione anelastica. Reazioni di trasferimento: stripping, pick-up, knock-out. Reazioni indotte da nuclei pesanti: Classificazione delle reazioni in termini del parametro d'urto e ruolo del momento angolare. Reazioni di fusione-evaporazione e fusione-fissione. Fusione incompleta e reazioni profondamente anelastiche e quasielastiche. Reazioni per la produzione di nuclei esotici ed elementi superpesanti.

Cenni di Astrofisica Nucleare: Reazioni di fusione a bassa energia. Nucleosintesi primordiale.

Contents:

Bulk properties of atomic nuclei. Mass and binding energy. Nuclides' chart. Phenomenology of nuclear reactions. Qualitative features of nuclear reactions. Classification of nuclear reactions. Observables and their relationship with the properties of the nuclei. Conservation laws and symmetries. Kinematics of binary reactions. Q-value equations and its solutions. Definition and physical meaning of the scattering cross section. How to measure the cross section. Classical and semi-classical description of scattering. Coulomb scattering: Rutherford formula, quantal and dynamical effects. Anomalous scattering. Inverse reaction and reciprocity theorem.

Elements of the quantum theory of scattering. Schrödinger equation for a particle in a potential. Partial wave analysis. Scattering matrix and phase shifts. WKB (Wentzel-Kramers-Brillouin) semiclassical theory. Born approximation with plane waves (PWBA) and distorted waves (DWBA). Integral scattering equation for a general collision, Green function and operator. Elementary theory of isolated resonances. Elastic scattering and compound nucleus. Analogue isobaric states and resonant excitation. Continuum theory and model for the formation and the decay of the compound nucleus. Models: strong absorption, sharp and smooth cut-off. Optical model. Compound nucleus reactions. Resonances and continuum region. Direct reactions: Born approximation. Inelastic scattering. Transfer reactions: stripping, pick-up, knock-out. Nuclear reactions induced by heavy ions. Semiclassical approximation. Classification in terms of impact parameters and role of the angular momentum. Reactions of fusion-evaporation and fusion-fission. Incomplete fusion and deep inelastic. Reactions for the production of exotic nuclei and superheavy elements.

Introduction to Nuclear Astrophysics. Fusion reactions at low energy. Primordial nucleosynthesis.

Esami propedeutici / Propaedeutic exams:**Prerequisiti:**

E' richiesta una solida preparazione sia in fisica classica, sia una buona conoscenza dei fondamenti della meccanica quantistica e della fisica moderna.

Prerequisites:

A solid background in classical physics and in quantum mechanics and modern physics at an introductory level.

Finalità e modalità di verifica dell'apprendimento

Esame orale/oral exam

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)