

FISICA & INGEGNERIA NUCLEARE

Modulo 1

a cura del prof. Matteo Passoni

Descrizione del modulo

Nello sviluppo delle competenze di fisica acquisite nelle scuole è facile imbattersi nello studio dell'atomo e della sua struttura, costituita dagli elettroni e dal nucleo. Tuttavia, quasi sempre si trascura la fisica dei nuclei atomici, i quali, a differenza degli elettroni (particelle elementari), presentano una struttura molto complessa e ricca di proprietà. Tali proprietà, del tutto inedite rispetto ad altri sistemi fisici, aprono all'esplorazione di fondamentali capitoli della fisica moderna e – se adeguatamente comprese e sfruttate – permettono lo sviluppo di applicazioni di grande rilevanza ingegneristica e sociale nei campi più disparati, come la medicina, l'archeologia, la cosmologia e la produzione di energia.

Il modulo affronterà le nozioni di base relative alla struttura e ai costituenti del nucleo atomico e alle dinamiche che ne regolano il comportamento nel tempo e l'interazione con altri nuclei e sistemi fisici. A questo scopo, si presenteranno i diversi modelli che ne descrivono le proprietà. Si studieranno poi i fenomeni radioattivi e i principali tipi di reazioni nucleari, evidenziando la loro presenza e rilevanza in natura, la loro realizzazione in laboratorio e il loro sfruttamento per lo sviluppo di importanti applicazioni ingegneristiche.

Organizzazione del modulo

Il modulo è suddiviso in **4 parti**. I partecipanti avranno accesso a diversi **materiali didattici online**, tra cui dispense e video. Durante l'erogazione, verrà chiesto ai partecipanti di svolgere riflessioni personali su quanto appreso e/o esercizi volti all'applicazione dei concetti sviluppati. I partecipanti saranno in contatto costante con docenti e tutor del Politecnico. Inoltre, grazie a un **forum online** potranno lavorare insieme agli altri iscritti all'interno di una classe virtuale. È prevista infine anche la partecipazione a dei **webinar**, tenuti dal docente e dai suoi collaboratori.

Struttura del modulo

Parte 1: Forniremo alcune nozioni fisiche di base, imprescindibili per affrontare lo studio della fisica nucleare e i concetti più avanzati sviluppati nelle parti successive. Partiremo dall'introduzione di unità di misura, metodi sperimentali e nozioni fondamentali di relatività speciale, elettromagnetismo e meccanica quantistica, per poter investigare il comportamento dei nuclei nello spazio-tempo. Passeremo poi in rassegna le principali tipologie di nuclei e le loro caratteristiche osservabili sia in natura sia in laboratorio, con particolare riferimento all'esistenza di nuclei stabili e instabili e alle loro proprietà elettromagnetiche ed energetiche.

Tra gli esempi trattati:

- Misurare su scala nucleare.
 - Nuclei stabili e instabili, sulla Terra e nell'Universo.
 - Relatività speciale e fisica nucleare (difetti di massa, vita dei muoni cosmici).
 - Positroni: l'antimateria del quotidiano.
 - Dallo spin dei nuclei alla Risonanza Magnetica Nucleare..
-

Parte 2: In questa parte ci concentreremo sui costituenti del nucleo, o *nucleoni* (cioè protoni e neutroni) e sulla *forza nucleare forte*, responsabile dell'esistenza stessa dei nuclei. Verranno poi introdotti alcuni modelli utilizzati per descrivere la complessa struttura e il comportamento fisico dei nuclei: il *modello a goccia di liquido* – utile per spiegare le masse dei nuclei e la fissione nucleare – e il *modello a shell* (a guscio), in cui si prevede che i nucleoni si muovano occupando orbitali, in modo analogo agli elettroni in un atomo. Secondo questo modello, la particolare stabilità osservata sperimentalmente per alcuni nuclei si spiega tramite specifiche configurazioni nucleari, descritte dai cosiddetti *numeri magici*.

Tra gli esempi trattati:

- Nuclei di dimensioni astronomiche: le stelle di neutroni.
- I nuclei doppi magici: dalla particella alfa al Piombo-208.
- Predizione di isole di stabilità e ricerca di nuovi elementi super-pesanti.

Parte 3: La *radioattività* è presente da sempre sulla Terra. Esistono alcuni nuclei instabili in grandi quantità in natura, come il Potassio-40, il Torio-232 e l'Uranio-238, che emettono lentamente *radiazioni*, modificando la loro struttura e trasformandosi in nuclei più stabili, dando luogo alla formazione di elementi con proprietà fisico-chimiche completamente differenti. Tale processo si chiama *decadimento radioattivo*, responsabile non solo dell'energia geotermica, ma anche dell'esistenza di un *fondo di radioattività naturale*, nel quale siamo immersi. Durante questa parte, affronteremo lo studio dei processi di decadimento radioattivo ed esempi di radioattività in natura con la loro applicazione pratica in diversi campi.

Tra gli esempi trattati:

- La radioattività del cielo, della terra, del corpo umano.
- Radioisotopi per la medicina nucleare: Tecnezio-99m, Fluoro-18.
- Utilizzo della radioattività per la datazione: il Carbonio-14.
- Fisica fondamentale e radioattività: decadimento del Trizio e massa del neutrino, decadimento del neutrone e modello standard.

Parte 4: Nella quarta parte discuteremo le *reazioni nucleari*, processi – come la fissione e la fusione – che portano alla trasformazione del nucleo di un elemento in quello di un altro elemento. Processi di questo tipo avvengono in ogni istante nel Sole e nelle stelle, producendo calore, luce e altre particelle, ma anche sulla Terra. Studieremo le principali tipologie di reazioni nucleari, le condizioni e i metodi che portano alla loro realizzazione in natura e in laboratorio, insieme ad alcuni modelli per la loro descrizione. Concluderemo con esempi di reazioni nucleari, presenti in natura o prodotte dall'uomo per lo sviluppo di fondamentali applicazioni, dalla “medicina nucleare” alla produzione di energia.

Tra gli esempi trattati:

- Reazioni nucleari naturali in atmosfera.
 - Il cuore a fusione nucleare delle stelle.
 - Reazioni nucleari per lo studio dei beni culturali.
 - Reattori nucleari a fissione come fonte di energia.
 - Le ricerche sulla fusione termonucleare controllata.
 - Macchine per realizzare reazioni nucleari: gli acceleratori di particelle.
-

Note biografiche

Matteo Passoni – È Professore ordinario di Fisica della Materia presso il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano, dove insegna Fisica Nucleare e Fisica dei Plasmi ed è attualmente vice-preside della Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione, coordinatore del Corso di Studi in Ingegneria Nucleare e vice-coordinatore del programma di dottorato in Scienze e Tecnologie Energetiche e Nucleari. I suoi interessi di ricerca spaziano dalla fisica dei plasmi e fusione nucleare alle nanotecnologie, dalla scienza dei materiali alle applicazioni della fisica nucleare. È responsabile scientifico dei progetti ENSURE (ERC Consolidator grant), INTER e PANTANI (ERC Proof of Concept grant), finanziati dallo European Research Council e dedicati allo sviluppo di tecniche innovative di accelerazione di particelle, e delle attività svolte al Politecnico sulla fusione termonucleare, anche nell'ambito del consorzio europeo EUROfusion. Collabora con prestigiosi istituti di ricerca come l'ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile), il CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) e l'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare). Tra articoli su riviste scientifiche e capitoli di libri, ha all'attivo oltre 140 pubblicazioni. È stato invitato come conferenziere e relatore in numerosi istituti di ricerca nazionali e internazionali.
