



NUCLEAR STRUCTURE

FIS/04 - 6 CFU - 1° semestre

Docente titolare dell'insegnamento

FRANCESCO CAPPUZZELLO

Email: cappuzzello@lns.infn.it

Edificio / Indirizzo: Dipartimento di Fisica e Astronomia Ufficio N.345 e/o Laboratori Nazionali del Sud Ufficio N.204a

Telefono: 095542384

Orario ricevimento: Lunedì ore 11-12, Giovedì ore 12-13

OBIETTIVI FORMATIVI

Conoscenza e capacità di comprensione

Il corso mira a due specifici obiettivi di conoscenza e capacità di comprensione

1. Approfondire alcune tematiche basilari relative alla struttura del nucleo atomico, come oggetto di ricerca fondamentale. In tal senso il nucleo è rappresentato nel corso come una particolare forma di aggregazione della materia che ad oggi sfugge alla possibilità di essere spiegata a partire dai costituenti elementari della materia (quark, gluoni etc.). Piuttosto i nucleoni rappresentano i costituenti "elementari" mediante i quali è possibile una descrizione, seppure parziale, della ricca fenomenologia nota. Gli studenti apprendono che il numero relativamente grande di nucleoni e la non esistenza di una forma analitica "universale" del potenziale nucleon-nucleone nel mezzo limitano la possibilità di una descrizione microscopica della struttura nucleare. Per la ragione opposta le tecniche della meccanica statistica trovano una difficile collocazione in tale panorama di ricerca. Pertanto specifiche trattazioni del sistema many-body con approcci ipotetico-deduttivi, basati su modelli rappresentano la cifra culturale più importante di tale disciplina, e come tali sono discussi a lezione. Particolare rilievo è dato anche ai modelli collettivi, particolarmente efficaci nella descrizione di moti di rotazione e vibrazione dei nuclei. Il progetto culturale del corso si sofferma in particolare su:

- Acquisizione critica del concetto di modello nel problema della struttura nucleare
- Concetto di campo medio e significato fisico di orbitale di singolo nucleone
- Concetto di interazione residua per lo studio di stati eccitati
- Concetto di moto collettivo e di gradi di libertà collettivi

2. Fornire gli strumenti e gli aggiornamenti necessari per un successivo ed eventuale lavoro di approfondimento su tematiche legate sia alla sperimentazione che alla teoria della moderna ricerca nel settore della struttura nucleare. Tale aspetto viene curato proponendo diversi collegamenti ed analogie fra i concetti elaborati a lezione e le tematiche più moderne della ricerca in tale settore. In particolare il corso prevede

- Una descrizione panoramica delle principali idee caratterizzanti l'evoluzione storica della fisica della struttura nucleare
- Una descrizione delle tecniche sperimentali più efficaci, con delle visite guidate ai Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN e contestuale familiarizzazione con la complessa strumentazione ivi presente
- Indicazione dei principali problemi irrisolti e delle tendenze attuali della ricerca

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

La descrizione della struttura nucleare come sistema altamente complesso di nucleoni fortemente interagenti è particolarmente adeguata per stimolare la capacità dello studente di identificare gli aspetti più rilevanti di un problema. Inoltre la peculiare rilevanza che in tale settore della fisica assumono le approssimazioni, la riduzione delle teorie in modelli, la necessità di approcci sperimentali sempre più complessi permette allo studente la comprensione più profonda del senso dell'approssimazione. Il continuo confronto fra il concetto di campo medio nucleare con quello atomico e la rilevanza di determinate grandezze nucleari nei processi di evoluzione stellare permettono una proficua connessione fra campi della ricerca apparentemente molto diversi. Gli strumenti matematici richiesti e propedeutici sono essenziali per le dimostrazioni che si propongono a lezione e che si richiedono agli esami.

Abilità comunicative

La maggior parte dei testi e degli articoli proposti come materiale didattico sono in lingua inglese e ciò fornisce un utile stimolo per la comprensione da parte dello studente del linguaggio scientifico. Inoltre la potente rappresentazione grafica di correlazioni fra grandezze fisiche presente nel materiale didattico aumenta la capacità dello studente di ricercare la migliore forma possibile nella descrizione di un fenomeno.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso sarà tenuto in lingua inglese. Lezioni frontali alla lavagna. Si prevede anche una visita guidata ai Laboratori Nazionali del Sud dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

Qualora l'insegnamento venisse impartito in modalità mista o a distanza potranno essere introdotte le necessarie variazioni rispetto a quanto dichiarato in precedenza, al fine di rispettare il programma previsto e riportato nel syllabus

PREREQUISITI RICHIESTI

Propedeuticità in ambito Fisico

- Meccanica quantistica (necessaria)
- Elettromagnetismo (necessaria)
- Teoria delle perturbazioni e metodi variazionali (necessaria)
- Principi di funzionamento di rivelatori di radiazione (consigliata)

Propedeuticità in ambito Matematico

- Metodi matematici della meccanica quantistica (necessaria)
- Metodi della seconda quantizzazione (necessaria)
- Gruppi di simmetrie (consigliata)

FREQUENZA LEZIONI

Obbligatoria.

CONTENUTI DEL CORSO

Struttura dei nuclei

L'uso dei modelli nella fisica nucleare. Gradi di libertà e struttura nucleare. Modello a gas di Fermi. Numeri magici. Ipotesi di campo medio e concetto di orbite dei nucleoni. L'interazione di spinorbita nucleare. Modello di Meyer, Haxel, Jensen. Momento di dipolo magnetico. Linee di Schmidt. Momento di quadrupolo elettrico. Deformazioni statiche. Stati eccitati. Fondamento microscopico del modello a shell. Teoria di Hartree-Fock. Termine diretto e di scambio. Interazione particle-hole. Mixing di configurazioni. Fattore spettroscopico. Stati di deephole. Modello a shell a molte particelle. Metodi di calcolo di modello a shell. Esperimento di Cavedon. Modello a potenziale deformato. Diagrammi di Nilsson. Moti collettivi rotazionali. Bande rotazionali. Backbending. Moti vibrazionali. Hamiltoniana di Bohr. Deformazioni dinamiche della superficie nucleare. Risonanze giganti. Sum rules. Modelli macroscopici. Modello idrodinamico di Steinwedel-Jensen. Modelli microscopici. Teoria di Tamm-Dancoff. Approssimazione RPA. Vibrazioni di pairing. Risonanza gigante di pairing. Risposta nucleare ad operatori di isospin. Isobaric Analogue State e risonanza di gigante di Gamow-Teller. Strutture a cluster. Clusters nei nuclei leggeri autoconiugati. Stato di Hoyle. Branching ratio α degli stati a clusters. Nuclei non autoconiugati. Modello di Hafstad e Teller. Validità del modello a clusters. Ruolo delle simmetrie nei nuclei. Simmetrie continue e simmetrie discrete. Il modello a bosoni interagenti.

TESTI DI RIFERIMENTO

Testi consigliati:

Durante il corso saranno messe a disposizione degli studenti delle opportune dispense preparate dal docente, come guida per la preparazione all'esame. Gli studenti

potranno approfondire le tematiche relative ai contenuti del corso nei seguenti testi.

1. K.S. Krane, Introductory Nuclear Physics, Wiley and Sons Ltd.
2. W.S.C. Williams, Nuclear and Particle Physics, Oxford University Press.
3. K.L.G. Heyde, Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics, Institute Of Physics Publishing, series Editor D.F. Brewer.
4. W. Greiner, J.A. Maruhn, Nuclear Models, Springer Verlag.
5. A. Bohr, B.R. Mottelson, Nuclear Structure, World Scientific.
6. P. Ring, P. Schuck, The Nuclear Many-Body Problem, Springer.
7. M.A. Preston, R.K. Bhaduri, Structure of the Nucleus, Westview Press.

ALTRO MATERIALE DIDATTICO

Durante il corso saranno messe a disposizione degli studenti delle opportune dispense preparate dal docente, come guida per la preparazione all'esame.

PROGRAMMAZIONE DEL CORSO

Argomenti	Riferimenti testi
1 All the items of the program are considered fundamental	Notes of the professor
2 Shell model	Heyde: chapters 9-10-11; Krane: chapter 5
3 Collective models	Heyde: chapters 12; Krane: chapter 5
4 Giant Resonances	Greiner: Chapters 6-8

VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

The assessment of learning is based on an oral examination. On this occasion the student's ability to express the concepts developed during the classes and the completeness of the preparation with respect to the program carried out is evaluated. It is examined in particular

- * the ability to demonstrate concepts that can be expressed mathematically (demonstrations of theorems and formalization of relationships between physical quantities);
- * the critical capacity in the comparison between models and experimental data;
- * the knowledge of the orders of magnitude of the main physical quantities characteristic of the nuclear structure;
- * the knowledge of the most relevant correlations between quantities through the graphical representation as discussed in class.

Exams may take place online, depending on circumstances.

The exam consists of a dozen questions distributed throughout the program, of which at least three provide for the full demonstration of theorems to highlight relationships between physical quantities, at least three provide the commentary on the comparison between theoretical models and experimental data, at least three the description of experimental techniques or measures of physical quantities, at least one knowledge of the approximate value of relevant physical quantities.

ESEMPI DI DOMANDE E/O ESERCIZI FREQUENTI

All the items of the program developed during classes are subjects of possible questions during the examination.
