UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Elementi di Meccanica Quantistica e Struttura della Materia

2425-2-ESM01Q010

Obiettivi

Il corso si prefigge di introdurre e sviluppare i concetti base della meccanica quantistica utilizzati per modellizzare le proprietà della materia a livello atomico. Si forniranno inoltre allo studente gli strumenti formali adatti a comprendere alcuni aspetti fondamentali della struttura della materia, quali: lo spin, la struttura fine dell'atomo di idrogeno, la struttura elettronica di atomi a molti elettroni e l'interazione luce-materia.

Contenuti sintetici

MODULO 1

- Crisi della fiscia classica
- Particella quantistica
- Equazione di Schroedinger
- L'atomo idrogenoide

MODULO 2:

- Assiomatica della meccanica quantistica
- Lo spin dell'elettrone
- Metodi approssimati
- Interazione spin-orbita
- Struttura fine dell'atomo di idrogeno
- Effetto Zeeman
- Formalismo a molte particelle
- Atomo di Elio
- Atomi a molti elettroni
- Interazione luce-materia

Programma esteso

MODULO 1:

CRISI DELLA FISICA CLASSICA
Spettro di corpo nero, teoria classica e proposta di Planck; il quanto di energia. Effetto fotoelettrico: apparato e osservazioni sperimentali; interpretazione classica e interpretazione quantistica. Modello corpuscolare della luce; il fotone. Effetto Compton: aspetti sperimentali e interpretazione. Produzione e annichilazione di coppie e-e+. Spettro e.m. e interazione fotone-materia. Modello di Bohr: costruzione e risultati; conseguenze. Transizioni e spettri. Esperimento di Franck-Hertz e interpretazione. Ipotesi di De Broglie; esperimenti di Davisson e Germer e di Thomson.

PARTICELLA QUANTISTICA
Funzione d'onda ? ed equazione delle onde per le onde di materia. ? come onda armonica o come pacchetto. Vantaggi del pacchetto; principi di indeterminazione. Richiami su pacchetto d'onde, velocità di gruppo, trasformata di Fourier, pacchetto gaussiano. Discussione e conseguenze dei principi di indeterminazione. Interpretazione probabilistica di Born della funzione d'onda ?. Misura e valori di aspettazione. Operatori e regole di rappresentazione; esempi.

EQUAZIONE DI SCHRÖDINGER
L'equazione di Schrödinger: derivazione, significato, proprietà. Densità di corrente di probabilità e conservazione. Separazione delle variabili, eq. di Schrödinger agli stati stazionati. Autostati e autovalori di H. Probabilità ed energia di uno stato stazionario. Probabilità e energia di stati non stazionari; densità di carica. Soluzione dell'eq. di Schrödinger 1D: la particella quantistica in una buca di potenziale infinita. Autostati ed energie. Esempi di buca infinita; conseguenze. La particella quantistica in una buca infinita 3D. Degenerazione. Buca di potenziale finita: soluzioni pari e dispari ed autovalori dell'energia; stati del continuo; riflessione e trasmissione. Caratteristiche di buca infinita e finita, con discussione di problemi. Gradino di potenziale e barriera di potenziale 1D. Coefficienti di riflessione e trasmissione, densità di corrente di probabilità. Effetto tunnel. Oscillatore armonico 1D: soluzione dell'eq. di Schrödinger, stati stazionari, energie. Potenziale con un minimo: stati legati e del continuo.

ATOMO IDROGENOIDE
Equazione di Schrödinger per una particella in campo centrale; equazione angolare e radiale. Densità di probabilità radiale e angolare. Soluzione dell'eq. radiale; funzioni Rnl(r), numero quantico principale n ed energie En. Soluzione dell'eq. angolare; le armoniche sferiche Ylm(?,?) e le loro proprietà. Numeri quantici orbitale l e magnetico m. La soluzione generale ?nlm= Rnl(r) Ylm(?,?). Transizioni di dipolo elettrico e regole di selezione. Momento angolare e sua quantizzazione; eq. agli autovalori di L e Lz, limite classico. Atomo idrogenoide

MODULO 2:

ASSIOMATICA DELLA MECCANICA QUANTISTICA
Spazi di Hilbert
Operatori associati ad osservabili fisiche
Osservabili compatibili
Principio di indeterminazione generalizzato
Costanti del moto
Teorema di Ehrenfest

LO SPIN DELL'ELETTRONE
Momento magnetico orbitale
Esperimento di Stern e Gerlach
Momento magnetico di spin
Spinori e matrici di Pauli

Numero quantico di spin ed estensione del formalismo

METODI DI APPROSSIMAZIONE
Teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo per livelli non degeneri e degeneri
Principio variazionale

INTERAZIONE SPIN-ORBITA
Hamiltoniana d'interazione spin-orbita
Operatore momento angolare totale

STRUTTURA FINE DELL'ATOMO DI IDROGENO
Correzione ai livelli energetici dovuta all'interazione spin-orbita e alla correzione relativistica
Effetto Zeeman

EFFETTI DI UN CAMPO MAGNETICO
Effetto Zeeman forte e debole

FORMALISMO A MOLTE PARTICELLE
Particelle identiche
Determinanti di Slater
Principio di esclusione di Pauli

ATOMO DI ELIO
Stato fondamentale dell'atomo di He trascurando l'interazione elettrone-elettrone
Trattazione perturbativa dell'effetto dell'interazione elettrone-elettrone
Trattazione variazionale
Stati di singoletto e tripletto
Integrali di Hartree e di scambio
Atomi a molti elettroni

INTERAZIONE LUCE MATERIA
Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo
Approssimazione di dipolo elettrico
Assorbimento
Emissione stimolata e spontanea

Prerequisiti

Preparazione consigliata:
Fisica I, Fisica II, Matematica I, Matematica II e Matematica III.

Modalità didattica

Il corso è erogato in ligua italiana.

MODULO 1:
24 ore di lezioni frontali svolte in modalità Didattica Erogativa (DE).
24 ore di lezioni frontali svolte in modalità Didattica Interattiva (DI).

MODULO 2:
24 ore di lezioni frontali svolte in modalità Didattica Erogativa (DE).
24 ore di lezioni frontali svolte in modalità Didattica Interattiva (DI).

Materiale didattico

Appunti e libri di testo consigliati.

testi di riferimento:
The Physics of Atoms and Quanta Introduction to Experiments and Theory, Haken, Hermann, Wolf, Hans Christoph Editor: Springer
Quantum Mechanics, L. Del Debbio and A berera

testo di complemento:
Fondamenti di Fisica Atomic e Quantistica, Franco Ciccacci, Editor: Edises
Introduzione alla Meccanica Quantistica (o versione inglese), David J. Griffiths

Periodo di erogazione dell'insegnamento

2° semestre.

Modalità di verifica del profitto e valutazione

L'esame sarà diviso in una parte scritta e una orale. Gli studenti devono prima dimostrare, in una prova scritta composta solitamente da quattro esercizi, di possedere gli strumenti formali per la gestione e l'utilizzo dei concetti di base della meccanica quantistica e della struttura della materia. Dopo la prova scritta, l'esame prevede un colloquio volto a valutare il livello di conoscenza acquisito sull'intero programma.

PROVE PARZIALI
Durante il corso sarà possibile sostenere due prove d'esame parziali, ciascuna centrata sui contenuti dei due moduli del corso. Ciascuna prova parziale prevede una prova scritta composta da due esercizi, in cui gli studenti dovranno dimostrare di possedere gli strumenti formali per la gestione e l'utilizzo dei concetti illustrati durante la prima o seconda parte del corso (Modulo 1 o 2). Dopo la prova scritta, gli esami parziali prevedono un colloquio volto a valutare il livello di conoscenza acquisito sulle rispettive parti del programma (Modulo 1 o 2).

La valutazione complessiva sarà calcolata come la media aritmetica delle valutazioni ricevute nelle due prove parziali.

Orario di ricevimento

Su appuntamento.
Contattare direttamente i docenti di riferimento:
angelo.monguzzi@unimib.it

emilio.scalise@unimib.it

Sustainable Development Goals