



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## SYLLABUS DEL CORSO

### Struttura della Materia II

2425-3-E2701Q062

---

#### Obiettivi

Fine principale del corso è fornire 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
- L'interazione luce-materia

#### Contenuti sintetici

1. Assiomatica della meccanica quantistica
2. Lo spin dell'elettrone
3. Metodi approssimati
4. Interazione spin-orbita
5. Struttura fine dell'atomo di idrogeno
6. Effetto Zeeman
7. Formalismo a molte particelle
8. Atomo di Elio
9. Atomi a molti elettroni
10. Interazione luce-materia

#### Programma esteso

## **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 approssimati**

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

## **Splitting dei livelli in presenza 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  
Regole di selezione

## **Prerequisiti**

Il Corso prevede che lo studente abbia già studiato la crisi della fisica classica, il dualismo onda-particella, l'equazione di Schrodinger e la sua applicazione all'atomo di idrogeno, ovvero gli argomenti trattati nel Corso di Struttura della Materia I.

## **Modalità didattica**

Il docente spiega e deriva ogni argomento con l'ausilio di un tablet collegato a un videoproiettore.

### **Modalità Didattica**

Didattica Erogativa (DE): 12 lezioni frontali da 2 ore (24 ore).

Didattica Erogativa (DE): 8 lezioni frontali da 1 ora (8 ore).

Didattica Interattiva (DI): 10 esercitazioni da 2 ore (20 ore).

Didattica Interattiva (DE): 4 esercitazioni da 1 ora (4 ore).

Tutte le lezioni ed esercitazioni si svolgeranno in presenza.

## **Materiale didattico**

Dispense del corso in forma di slides e messe a disposizione degli studenti tramite la presente piattaforma elearning.

Testo adottato per la maggior parte dell'insegnamento: David J. Griffiths, Introduzione alla Meccanica Quantistica (o versione inglese)

Ulteriore testo consigliato: Quantum Mechanics, L. Del Debbio and A berera

## **Periodo di erogazione dell'insegnamento**

Primo semestre

## **Modalità di verifica del profitto e valutazione**

La valutazione degli studenti avverrà attraverso:

### **1. Prove scritte parziali:**

Due prove scritte parziali, una a metà corso circa e una a fine corso.

Ogni prova consisterà in due esercizi. È sufficiente risolvere uno dei due esercizi per ottenere la sufficienza.

*Valutazione:*

- Ottimo (33/30): Due esercizi perfetti.
- Molto Buono (28/30): Piccole imperfezioni in uno dei due esercizi.
- Buono (24/30): Errori minori in uno solo dei due esercizi o piccole imperfezioni in entrambi gli esercizi.

- Sufficiente (18/30): Solo uno degli esercizi è corretto.
- Insufficiente (15/30): Entrambi gli esercizi (o l'unico svolto) mostrano errori.

## **2. Prova scritta generale:**

Per studenti con più di una prova parziale insufficiente o che non hanno sostenuto le prove parziali.  
Valutazione come per le prove parziali.

## **3. Esame orale finale:**

Colloquio sugli argomenti del corso per valutare la comprensione teorica e la capacità di collegare i diversi concetti.

Voto finale:

$\text{Voto Finale} = 0.7 * \text{PO} + 0.15 * \text{PP1} + 0.15 * \text{PP2}$  oppure  $\text{Voto Finale} = 0.7 * \text{PO} + 0.3 * \text{PSg}$

PO: voto della prova orale in trentesimi.

PP1, PP2, PSg: voti delle prove scritte parziali o globale, espressi in trentesimi.

## **Orario di ricevimento**

Su appuntamento via email.

## **Sustainable Development Goals**

ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE

---