



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## SYLLABUS DEL CORSO

### Struttura della Materia - AL

2425-3-E3001Q057-AL

---

#### Obiettivi

La comprensione delle proprietà di atomi, molecole e solidi cristallini mediante gli strumenti della meccanica quantistica e della meccanica statistica.

#### Contenuti sintetici

Elementi di meccanica statistica classica e quantistica

Atomi: atomi a due elettroni, atomi a molti elettroni nella teoria di Hartree e la tavola periodica degli elementi.

Molecole: stati elettronici e legame chimico in molecole biatomiche e poliatomiche, rotazioni e vibrazioni molecolari, spettroscopia molecolare.

Solidi: teoria a bande degli elettroni nei cristalli, conduzione elettrica nei metalli, semiconduttori e dispositivi a semiconduttore.

#### Programma esteso

Il corso è composto da quattro parti e una lezione introduttiva sulla meccanica quantistica dei sistemi a molte particelle. I riferimenti ai capitoli specifici dei libri di testo sono riportati per ogni sezione.

#### Meccanica Quantistica di Sistemi a Molte Particelle

((CT), capitolo 14)

Particelle identiche: fermioni e bosoni, determinante di Slater per particelle indipendenti, principio di esclusione di Pauli.

### Fisica Statistica

((**KK**) capitoli 2, 3, 5-9 o equivalentemente (**T**) capitoli 1, 2.1-2.4, 3.4-3.5.3, 3.6.1-3.6.3 o (**M**) capitolo 4)

- Entropia, temperatura e probabilità.
- Ensemble canonico e la distribuzione di Boltzmann.
- Gas classico ideale.
- Potenziale chimico, ensemble gran canonico e la distribuzione di Gibbs.
- Distribuzione statistiche quantistiche: Fermi-Dirac e Bose-Einstein.
- Il gas di Fermi: energia di Fermi e calore specifico.
- Gas di bosoni a bassa temperatura e la condensazione di Bose-Einstein. Superfluidità nell'elio liquido.

### Fisica Atomica

((**BJ**) capitoli 7 and 8)

- Atomi a due elettroni: teoria delle perturbazioni e principio variazionale per lo stato fondamentale.
- Stati eccitati dell'atomo a due elettroni: paraelio e ortoelio.
- Atomi a molti elettroni nella teoria di Hartree.
- Sistema periodico degli elementi.
- Correzioni all'approssimazione di campo centrale: accoppiamenti L-S e j-j, regole di Hund.

### Fisica Molecolare

((**M**) capitolo 3, (**BJ**) capitoli 10 and 11)

- Approssimazione di Born-Oppenheimer.
- La struttura elettronica della molecola di H<sub>2</sub> negli schemi di Heitler-London e degli orbitali molecolari.
- Stati elettronici in molecole biatomiche omo- ed etero-nucleari, legame covalente e ionico.
- Stati elettronici di molecole poliatomiche: ibridizzazione e modello di Hückel.
- Rotazioni e vibrazioni di molecole biatomiche.
- Effetti dello spin nucleare sulle rotazioni della molecola biatomica omonucleare.
- Calore specifico delle molecole poliatomiche. Il teorema di equipartizione dell'energia.

### Fisica dello Stato Solido

((**M**) chapter 5)

- Reticoli e strutture cristalline
- Esperimenti di diffrazione e reticolo reciproco
- La teoria a bande degli elettroni nei cristalli: metalli e isolanti.
- La dinamica semiclassica degli elettroni nei cristalli e la conducibilità elettrica dei metalli.
- Semiconduttori: distribuzione di elettroni e lacune nei semiconduttori intrinseci, drogaggio n e p, livelli donori e accettori nel modello idrogenoide.
- Dispositivi a semiconduttore: la giunzione pn.
- Il laser. ((**M**), section 4.4.1)

### Prerequisiti

I contenuti dei corsi di matematica e fisica dei primi due anni. La prima parte del corso di meccanica quantistica.

## Modalità didattica

Lezioni frontali di tipo erogativo per 7 cfu (56 ore).  
Esercitazioni di tipo erogativo per 1 cfu (12 ore).  
Lezioni ed esercitazioni saranno erogate in italiano.

## Materiale didattico

- C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, *Quantum Mechanics*, volume II, J. Wiley & Sons **(CT)**
- C. Kittel e H. Kroemer, *Thermal Physics* (W. Freeman, 1980) or the Italian edition, *Termodinamica Statistica*, Boringhieri (Torino 1985). **(KK)**
- N. Manini, *Introduction to the Physics of Matter*, (Springer, 2014) disponibile come e-book sul sito della biblioteca. **(M)**
- B. H. Bransden & C. J. Joachain, *Physics of Atoms and Molecules*, 2nd edition, (Harlow – Prentice Hall, 2003). **(BJ)**
- D. Tong, *Lectures on Statistical Physics* <http://www.damtp.cam.ac.uk/user/tong/statphys.html>. **(T)**

per consultazione ed approfondimento su alcuni argomenti

C. Kittel, *Introduction to Solid State Physics*, 8th edition, Wiley (2005) o l'edizione italiana della Editrice Ambrosiana.

H. Haken and H. C. Wolf, *Molecular Physics and Elements of Quantum Chemistry*, Springer, disponibile in formato elettronico sul sito della biblioteca. Cap. 4, 5, 9-13.

## Periodo di erogazione dell'insegnamento

Primo e secondo semestre.

## Modalità di verifica del profitto e valutazione

*L'esame si articola in una prova scritta ed un colloquio orale.*

Prova scritta con esercizi.

La prova scritta consiste nello svolgimento di tre esercizi numerici riguardanti argomenti di meccanica statistica, fisica atomica e molecolare e fisica dello stato solido.

La prova scritta è volta a valutare la capacità di applicare i principi e tecniche illustrate a lezione nella soluzione di

semplici esercizi numerici.

Durante la prova scritta della durata di 2.00 ore NON è permesso l'utilizzo di libri ed appunti. E' vietato l'utilizzo di dispositivi elettronici ad eccezione di una calcolatrice.

*E' permessa la consultazione di un formulario personale, scritto su UN solo foglio A4 fronte e retro. Il formulario è unico e personale: NON è possibile consultare quello di un collega. Questo formulario deve essere scritto su un foglio bianco o al computer o con una penna rossa: deve essere infatti facilmente riconoscibile dai fogli protocollo che sono utilizzati per lo scritto vero e proprio. Sullo stesso deve apparire il vostro Nome e Cognome.*

*Per l'ammissione all'orale è richiesta la soluzione corretta di un esercizio su tre o di frazioni di esercizio la cui somma corrisponda ad un'unità.*

*Per il primo esercizio svolto correttamente vengono assegnati 18 punti. Per ogni ulteriore esercizio svolto correttamente vengono assegnati 6 punti.*

**La prova orale consiste in un colloquio di discussione dello scritto e sugli argomenti svolti a lezione. La prova orale deve essere sostenuta nella stessa sessione d'esame in cui è stata sostenuta la prova scritta.**

Verrà valutata la capacità di esporre gli argomenti trattati a lezione in tutti i loro aspetti concettuali e formali incluse le derivazioni dei risultati.

Gli studenti Erasmus possono sostenere la prova orale in lingua inglese.

***Non sono previste valutazioni in itinere.***

## **Orario di ricevimento**

Alle ore 17.30 o alle ore 15.30 dei giorni in cui e' prevista una lezione del corso con termine a quell'ora.

Su appuntamento nei periodi in cui non ci sono lezioni del corso.

## **Sustainable Development Goals**

ISTRUZIONE DI QUALITÀ

---