



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## COURSE SYLLABUS

### Structure of Matter

2021-3-E3001Q057

---

#### 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

((**G**), capitolo 13)

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

((**G**) capitolo 14 con supplementi 14-A e 14-B, (**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  $H_2$  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 Hueckel.
- Rotazioni e vibrazioni di molecole biatomiche.
- Effetti dello spin nucleare sulle rotazioni della molecolare 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.

Nel periodo di emergenza Covid-19 le lezioni si svolgeranno in remoto in parte come lezioni videoregistrate in modo sincrono e in parte in modo asincrono. Saranno previsti incontri periodici in videoconferenza sincrona.

## **Materiale didattico**

- S. Gasiorowicz, *Quantum Physics*, (Wiley International Editions, 2003) **(G)**
- 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 e un colloquio orale.*

*La prova scritta consiste nello svolgimento di quattro esercizi numerici riguardanti argomenti di meccanica statistica, fisica atomica e molecolare e fisica dello stato solido. Durante la prova scritta della durata di 2.5 ore è permesso l'utilizzo di libri ed appunti.*

*Ad ogni esercizio risolto correttamente vengono assegnati 7.5 punti.*

*L'ammissione all'orale richiede un punteggio complessivo nella prova scritta non inferiore a 11 punti (1.5 esercizi svolti correttamente su quattro).*

*La prova orale verte sulla discussione dello scritto e sugli argomenti svolti a lezione. \_\_\_\_\_*

\_\_\_\_\_

## **Orario di ricevimento**

Alle ore 17.30 dei giorni in cui è prevista una lezione del corso con termine alle 17.30.

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

---