UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Structure of Matter

2627-3-E3001Q057

Obiettivi

DdD(1). La comprensione delle proprietà di atomi, molecole e solidi cristallini mediante gli strumenti della meccanica quantistica e della meccanica statistica.

DdD(2). La capacità di applicare gli strumenti di meccanica statistica e meccanica quantistica per risolvere semplici problemi di fisica atomica, fisica molecolare e fisica dei solidi.

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)** caitolo 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 nello 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-Oppheneimer.
- La struttura elettronica della molecola di H2 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 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 della 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 stesso appello d'esame in cui è stata sostenuta la prova scritta o in quello successivo.
La scelta dell'appello in cui sostenere l'esame orale deve essere fatta al momento della consegna del compito scritto. In caso di esito negativo nella prova orale la prova scritta deve essere senza eccezioni ripetuta.
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 La votazione orale in lingua inglese.

Non sono previste valutazioni in itinere.

La votazione finale non è la media aritmetica della valutazione dell'esame scritto e dell'esame orale.

Orario di ricevimento

Alle ore 17.30 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 QUALITÁ