UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Structure of Matter

2627-2-E30004Q012

Obiettivi

Il corso permetterà agli studenti di comprendere le proprietà fondamentali di atomi, molecole e solidi e di applicare i principi della fisica classica e quantistica per descriverne gli aspetti principali.

Gli studenti acquisiranno una profonda comprensione delle proprietà elettroniche di atomi, molecole e solidi, nonché dei moti nucleari in molecole e solidi. Impareranno a determinare le funzioni di risposta a campi elettrici e magnetici esterni e acquisiranno una conoscenza adeguata delle principali tecniche spettroscopiche utilizzate per studiare tali sistemi.

Particolare enfasi sarà posta sugli approcci teorici utilizzati per descrivere la struttura della materia, sullo studio sperimentale di atomi, molecole e solidi e sulla rilevanza di tali proprietà della materia per diverse tecnologie.

Al termine del corso, gli studenti saranno in grado di:
• Applicare approcci teorici per risolvere problemi riguardanti atomi, molecole e cristalli.
• Individuare le tecniche spettroscopiche più idonee allo studio delle diverse proprietà della materia.
• Comprendere le proprietà termodinamiche della materia e le funzioni di risposta a campi elettrici e magnetici.
• Applicare la meccanica quantistica a vari sistemi fisici.

Risultati di apprendimento:
DdD1 Conoscenza e capacità di comprensione – Gli studenti acquisiranno una conoscenza approfondita delle proprietà fondamentali di atomi, molecole e solidi.

DdD2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione – Gli studenti saranno in grado di risolvere problemi relativi a sistemi reali, compresi alcuni di rilevanza tecnologica, applicando il quadro teorico e i principali concetti fisici appresi durante il corso.

DdD3 Autonomia di giudizio – Attraverso la risoluzione di problemi, presentazioni di gruppo o l'uso di applicazioni dedicate, gli studenti svilupperanno la capacità di scegliere le strategie migliori e gli strumenti teorici e matematici più idonei per trovare la soluzione a un dato problema.

DdD5 Capacità di apprendimento – L'organizzazione didattica di tipo "blended" richiede agli studenti di utilizzare risorse multimediali, sviluppare autonomia di studio e capacità di adattamento nella gestione di tempo, materiali ed esercizi, nonché di lavorare in gruppo e realizzare presentazioni. Ciò consentirà di acquisire sia competenze trasversali (*soft skills*) che competenze tecniche specifiche (*hard skills*), necessarie non solo per l'apprendimento di argomenti più avanzati, ma anche per acquisire metodologie utili alla formazione continua.

Contenuti sintetici

Saranno presentate le proprietà fondamentali di atomi, molecole e solidi e illustrate le funzioni di risposta e le metodologie che consentono di investigare le principali proprietà in queste diverse forme di aggregazione della materia.

Programma esteso

- Richiami di meccanica statistica: distribuzione di Boltzmann, di Fermi-Dirac e Bose-Einstein.
- Gli atomi idrogenoidi: effetti di massa finita, interazione spin-orbita e atomi di Rydberg. Gli atomi alcalini.
- L'atomo di elio e l'interazione di scambio. Lo schema LS. Le interazioni iperfini.
- La polarizzabilità e la suscettività magnetica di un insieme di atomi.
- Stati elettronici nelle molecole: metodo MO-LCAO, orbitali ibridi, la molecola di benzene.
- Moti dei nuclei nelle molecole: moti rotazionali, vibrazionali ed effetti di indistinguibilità.
- Strutture cristalline e reticolo reciproco.
- Stati elettronici nei cristalli e modelli fondamentali per descrivere le curve di dispersione.degli elettroni. Proprietà di trasporto.
- Formazione dei cristalli.
- Vibrazioni reticolari e modelli per descrivere le proprietà termodinamiche dei fononi nei cristalli.

Prerequisiti

E' importante conoscere gli aspetti fondamentali della meccanica, della termodinamica, del elettromagnetismo e della meccanica quantistica. E’ utile conoscere gli aspetti di base della meccanica statistica.

Modalità didattica

Le lezioni si svolgeranno in modalità mista con lezioni frontali in aula e videolezioni registrate in modalità asincrona che saranno rese disponibili sulla piattaforma e-learning. Durante le lezioni saranno trattati gli argomenti del programma e svolti dei problemi per illustrare le applicazioni di quanto appreso a lezione. Nel corso delle lezioni in aula saranno utilizzati software che favoriscono una maggiore interazione e partecipazione degli studenti. Saranno inoltre proposte attività di gruppo.

Materiale didattico

Oltre alle videolezioni in formato asincrono saranno rese disponibili sulla piattaforma e-learning le videoregistrazioni delle lezioni in aula, le slides delle presentazioni, le soluzioni dei problemi svolti a lezione e altro materiale didattico utile a completare la formazione.
Il libro di testo di riferimento è A. Rigamonti, P. Carretta, *Structure of Matter: an Introductory Course with Problems and Solutions*, Springer, 2015 (terza edizione). Gli argomenti trattati durante il corso sono svolti nei Cap. da 1 a 14 del libro. Sulla piattaforma e-learning sarà specificato quali paragrafi del libro sono utili ai fini della preparazione.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo semestre (dal 1 marzo 2027)

Modalità di verifica del profitto e valutazione

La valutazione avviene a seguito dello svolgimento di un lavoro di gruppo su uno dei temi proposti dal docente e di un esame finale orale. Per l’esame orale si raccomanda di concentrarsi sugli aspetti comuni alle
trattazioni fatte per gli atomi, le molecole e i solidi. Ad esempio, saper trattare qual è l’effetto di campi elettrici statici sulle proprietà di atomi, molecole e solidi, oppure saper trattare gli effetti associati all’indistinguibilità per scambio di particelle in atomi, molecole e solidi, oppure descrivere le spettroscopie utilizzate per determinare le proprietà
atomiche, molecolari e dei solidi. E' inoltre molto importante avere conoscenza o saper valutare gli ordini di grandezza delle diverse quantità osservabili.

Orario di ricevimento

Il ricevimento può essere concordato previo invio di una email al docente.

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ