



UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2019/2020

FISICA DELLO STATO SOLIDO I	
Anno immatricolazione	2018/2019
Anno offerta	2019/2020
Normativa	DM270
SSD	FIS/03 (FISICA DELLA MATERIA)
Dipartimento	DIPARTIMENTO DI FISICA
Corso di studio	SCIENZE FISICHE
Curriculum	Didattica e storia della fisica
Anno di corso	2°
Periodo didattico	Primo Semestre (30/09/2019 - 17/01/2020)
Crediti	6
Ore	48 ore di attività frontale
Lingua insegnamento	Italiano
Tipo esame	ORALE
Docente	ANDREANI LUCIO (titolare) - 6 CFU
Prerequisiti	Il corso presuppone nozioni di fisica quantistica come fornite nei corsi del triennio di fisica moderna, meccanica quantistica, struttura della materia. Presuppone inoltre la conoscenza dell'elettromagnetismo classico e dell'ottica come forniti abitualmente dai corsi del secondo anno di fisica. Possono essere utili nozioni di meccanica statistica di base (funzioni termodinamiche, statistiche classiche e quantistiche, funzione di partizione) che comunque vengono introdotte nel corso prima di essere utilizzate.
Obiettivi formativi	a) Conoscenza e comprensione - Il corso permetterà allo studente di apprendere i concetti e fenomeni di base relativi alla fisica dello stato solido attraverso descrizioni fenomenologiche, trattazioni teoriche ed esempi. Lo studente conoscerà i fenomeni principali relativi alle proprietà degli elettroni nei solidi, alle vibrazioni reticolari classiche e quantizzate (fononi), alle proprietà ottiche, ai semiconduttori, ai metodi di misura delle varie proprietà fisiche. Sarà inoltre in grado di

comprendere e analizzare i diagrammi con cui vengono usualmente riportate le proprietà fisiche dei solidi, quali (a titolo di esempio) le bande di energia, le superfici di Fermi, le dispersioni dei fononi, gli spettri di assorbimento ottico, il piegamento delle bande nella giunzione p-n.

b) Conoscenza e capacità di comprensione applicate - Lo studente sarà in grado di applicare i concetti appresi alla comprensione di proprietà fisiche dei solidi, ad esempio la stima di ordini di grandezza e il calcolo di quantità fisiche quali il calore specifico, la conducibilità elettrica, il gap di energia, le frequenze vibrazionali, il coefficiente di assorbimento, la densità di portatori liberi. Tramite una esercitazione numerica specifica sul metodo dello pseudopotenziale sarà in grado di calcolare le bande di energia di vari semiconduttori tetraedrici e di valutare gli effetti derivanti dall'assenza di simmetria di inversione nel reticolo cristallino, nonché le conseguenze fenomenologiche della presenza di un gap diretto o indiretto; avrà così acquisito un esempio di metodologia di calcolo tipica della fisica dei solidi, lavorando in ambiente Linux. Sarà poi in grado di valutare quali quantità fisiche possono venire calcolate e/o misurate.

c) Autonomia di giudizio - Lo studente sarà in grado di orientarsi nel campo della fisica dello stato solido di base, valutando quali sono i fenomeni e i materiali più interessanti dal punto di vista fondamentale e più importanti dal punto di vista applicativo-tecnologico. Potrà distinguere, ad esempio, quali materiali sono isolanti, semiconduttori o metalli conoscendo la struttura cristallina e/o le bande di energia; ovvero potrà determinare quali materiali possiedono solo fononi acustici o anche fononi ottici a partire dalla struttura del reticolo cristallino. Tramite le ultime lezioni, dedicate alle impurezze, alle proprietà di superficie, alle celle solari, potrà apprezzare l'importanza della fisica dei solidi nello sviluppo delle tecnologie per l'elettronica e per il fotovoltaico.

d) Abilità comunicative – Lo studente sarà in grado di descrivere vari argomenti di fisica dei solidi in un linguaggio fisico, che vada oltre le derivazioni matematiche. Durante il corso vengono infatti organizzate sessioni di riepilogo che abituanano gli studenti a raccontare gli argomenti del corso a voce, senza equazioni, ponendo l'accento sulle proprietà fisiche.

e) Capacità di apprendere – Lo studente sarà introdotto ad alcuni fra i libri di testo più conosciuti nel campo e sarà in grado di studiarli autonomamente, partendo dalle lezioni frontali per approfondire gli argomenti trattati. Acquisirà quindi la capacità di studiare testi analoghi.

Programma e contenuti

Vengono trattati i concetti fondamentali della fisica dello stato solido di base, con particolare attenzione ai livelli degli elettroni nei solidi cristallini, alle vibrazioni reticolari, alle proprietà ottiche, alla fisica dei semiconduttori. Nel corso di Fisica dello Stato Solido I si assume l'approssimazione ad elettroni indipendenti e non vengono quindi trattati gli effetti di correlazione (che sono oggetto del corso di Fisica dello Stato Solido II). Gli argomenti trattati comprendono: elettroni liberi nei metalli, teorie di Drude e Sommerfeld; reticoli cristallini e diffrazione,

teorema di Bloch, elettroni e lacune; classificazione dei solidi e legame chimico; bande di energia, metodi di calcolo e di misura, superfici di Fermi, elettroni in campo magnetico; vibrazioni reticolari e fononi; proprietà ottiche degli isolanti e dei semiconduttori, funzione dielettrica complessa, transizioni interbanda, gap diretto e indiretto; eccitoni, impurezze, proprietà ottiche dei fononi; semiconduttori omogenei e inhomogenei, deriva e diffusione, giunzione p-n, strutture di superficie, celle solari (argomento monografico, in linea con l'obiettivo no.7 dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile). La presentazione dei concetti e metodi teorici sarà completata da esempi fenomenologici, dall'illustrazione delle principali tecniche sperimentali per la misura delle quantità fisiche, da esercitazioni numeriche e computazionali.

Metodi didattici

Lezioni frontali alla lavagna con slide di appoggio, completate da qualche esercitazione e visita ai laboratori. Durante il corso vengono organizzate almeno una sessione di riepilogo/discussione e una esercitazione numerica in sala computer. Vengono inoltre proposti alcuni homework, discussi poi in classe, per abituare gli studenti al calcolo di grandezze fisiche ricorrenti in fisica dei solidi e per promuovere la discussione. Sono disponibili le lezioni video-registrate del corso (in inglese) sulla piattaforma Kiro. L'insegnamento è English-friendly:

- 1) Il materiale didattico è in inglese (libri di testo, dispense, slides.);
- 2) L'esame può essere sostenuto in inglese, su richiesta dello studente;
- 3) Il docente è disponibile a tenere parte delle lezioni (o tutte) in inglese, previo accordo con gli studenti.

Testi di riferimento

N.W. Ashcroft, N.D. Mermin, Solid State Physics (Holt-Rinehart, 1976).
G. Grosso and G. Pastori Parravicini, Solid State Physics (Academic Press, 2000; 2nd ed., 2014).
P.Y. Yu, M. Cardona, Fundamentals of Semiconductors: Physics and Material Properties, 4rd edition (Springer, 2010).
J. Nelson, The Physics of Solar Cells (Imperial College Press, London, 2003).

Modalità verifica apprendimento

Esame orale, consistente in un colloquio sugli argomenti del corso. Al termine del corso viene fornito un programma dettagliato, specificando quali argomenti sono appena accennati o opzionali. Nella prova di esame NON VIENE RICHIESTO di ripetere le derivazioni matematiche presentate nelle lezioni (cosa impossibile, o che richiederebbe un tempo di preparazione inutilmente lungo). Viene piuttosto richiesto di illustrare gli argomenti principali del corso mettendo l'accento sulle proprietà fisiche, sui metodi sperimentali per misurare le varie grandezze, sugli andamenti qualitativi, sui collegamenti fra i vari capitoli. Obiettivo principale della prova di esame è di verificare che lo studente abbia acquisito conoscenza, comprensione, autonomia secondo gli obiettivi formativi su esposti. Avendo seguito attivamente le lezioni, il docente si attende che l'esame possa essere preparato in periodo medio di 2-3 settimane. Riordinare gli appunti dopo ciascuna lezione è un ottimo metodo per facilitare la preparazione dell'esame. The exam may be held in English, if so requested.

Le video-registrazioni delle lezioni dell'a.a. 2015/2016 (in inglese) sono disponibili su Kiro.

