



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

DIPARTIMENTO DI FISICA ED ASTRONOMIA

Corso di laurea magistrale in Fisica

Anno accademico 2016/2017 - 1° anno - Curriculum FISICA APPLICATA, Curriculum FISICA DELLA MATERIA, Curriculum FISICA NUCLEARE E SUB-NUCLEARE e Curriculum FISICA TEORICA

FISICA DELLO STATO SOLIDO

FIS/03 - 6 CFU - 1° semestre

Docente titolare dell'insegnamento

GIUSEPPE GIOACCHINO NEIL ANGILELLA

Email: giuseppe.angilella@ct.infn.it

Edificio / Indirizzo: Dipartimento di Fisica e Astronomia, Stanza 233, Cittadella Universitaria (Via S. Sofia, 64)

Telefono: 095 378 5305

Orario ricevimento: Lunedì e Mercoledì 8:00-10:00. È gradito un e-mail di pre-avviso. Possibile anche il ricevimento in altri giorni e orari, da concordare per e-mail.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si propone di fornire concetti di base della fisica della materia nello stato solido, con riferimento ad esperimenti e teoria. Si tratterà in particolare della struttura cristallina, della struttura elettronica a bande, della dinamica reticolare, del trasporto elettronico e delle proprietà ottiche dei solidi. Alcune lezioni verranno dedicate ad argomenti avanzati selezionati (*in corsivo nel programma*) di interesse corrente nella fisica dello stato solido sia sperimentale che teorica.

PREREQUISITI RICHIESTI

Meccanica quantistica di base, istituzioni di struttura della materia.

FREQUENZA LEZIONI

Fortemente consigliata.

CONTENUTI DEL CORSO

Solidi cristallini. Diffrazione da raggi X. Reticoli diretti in dimensione $d \leq 3$. Reticoli con base. Cella di Wigner-Seitz. Reticolo reciproco. Zone di Brillouin.

Reticoli reali: difetti cristallini.

Altre fasi correlate della materia. Funzione di correlazione di Van Hove. Solidi amorfi, liquidi, superreticoli, quasicristalli.

Elettroni liberi. Gas di elettroni liberi. Statistica di Fermi-Dirac, potenziale chimico, altri potenziali termodinamici (richiamo). Espansione di Sommerfeld. Calore specifico elettronico. Massa efficace. *Materiali a fermioni pesanti.*

Elettroni in un reticolo cristallino. *Modello di Kronig-Penney.* Teorema di Bloch. Momento cristallino e bande elettroniche. Punti speciali e diagramma a 'spaghetti'. Hamiltoniana $\mathbf{k}\cdot\mathbf{p}$.

Hamiltoniane dipendenti da parametro. *Teoremi di Hellmann-Feynman e di Eppstein theorems. Fase e connessione di Berry. Applicazioni correnti alla fisica dello stato solido (polarizzazione elettrica, Microscopio a Forza Atomica: AFM, stati di Wannier come stati massimalmente localizzati).*

Correlazioni elettroniche. *Approssimazione di Hartree-Fock. Dalla approssimazione di Thomas-Fermi al teorema di Hohenberg-Kohn theorem. Teoria del funzionale della densità (DFT).*

Stabilità della materia.

Elettroni quasi-liberi. Superfici di Fermi dei metalli. Densità degli stati. Transizioni topologiche elettroniche (singolarità di van Hove). Gap di banda. Metalli, semiconduttori, isolanti. Metodo dell'elettrone fortemente legato (LCAO). *Altri metodi numerici (OPW, APW, KKR).* Ancora sulla massa efficace. Sistemi 2D di particolare interesse: reticolo quadrato, grafene.

Proprietà meccaniche dei solidi. Energia di coesione. Proprietà elastiche dei solidi. Dinamica reticolare. Fononi nei solidi. Modelli di Einstein e di Debye: calore specifico reticolare. *Effetti anarmonici.*

Proprietà di trasporto dei solidi. Elettroni di Bloch. Conducibilità elettrica e termica dei metalli. *Legge di Wiedemann-Franz.* Modelli di Drude e di Sommerfeld. Effetto Hall. *Effetto de Haas-van Alphen. Effetto Hall quantistico.*

Proprietà ottiche dei solidi. *Plasmoni.*

Fasi elettroniche con rottura di simmetria.

- *Ferromagnetismo. Modello di Stoner. Approssimazione di campo medio. Onde di spin.*
- *Antiferromagnetismo. Modello di Slater. Onde di densità di spin.*
- *Instabilità di Peierls. Onde di densità di carica. Solitoni.*
- *Instabilità di pairing: superconduttività. Fenomenologia. Teoria di Ginzburg-Landau. Accoppiamento elettrone-fonone. Teoria BCS. Effetto Josephson. Fluttuazioni superconduttive. Superconduttori ad alta T_c e altri superconduttori 'esotici': cuprati, MgB_2 , pnictidi, ...*

Isolanti topologici.

TESTI DI RIFERIMENTO

G. Grosso, G. Pastori Parravicini, *Solid state physics* (Oxford, Academic Press, 2014 : 2nd ed.)

Fuxiang Han, *A modern course in the quantum theory of solids* (Singapore, World Scientific, 2013)

J. Sólyom, *Fundamentals of the physics of solids* (Heidelberg, Springer, 2010) : 3 vols.

N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, *Solid state physics* (Saunders, Philadelphia, 1976)

J. M. Ziman, *Principles of the theory of solids* (Cambridge University Press, Cambridge, 1965)

C. Kittel, *Quantum theory of solids* (New York, J. Wiley & Sons, 1963)

W. Jones, N. H. March, *Theoretical solid state physics* (New York, Dover, 1985) : 2 vols.

VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Prova orale sugli argomenti del corso.
