



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

## DIPARTIMENTO DI FISICA ED ASTRONOMIA

### Corso di laurea magistrale in Fisica

Anno accademico 2018/2019 - 1° anno - Curriculum CONDENSED MATTER PHYSICS, Curriculum NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS, Curriculum PHYSICS APPLIED TO CULTURAL HERITAGE, ENVIRONMENT AND MEDICINE e Curriculum THEORETICAL PHYSICS

---

# SOLID-STATE PHYSICS

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.

## MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali in aula.

## 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.

## ALTRO MATERIALE DIDATTICO

Non è disponibile materiale didattico che non sia già disponibile nei libri di testo consigliati.

---

## PROGRAMMAZIONE DEL CORSO

Argomenti	Riferimenti testi
1 Tutti gli argomenti elencati nel programma, al quale si rimanda.	

---

## VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

### MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Prova orale sugli argomenti del corso.

### ESEMPI DI DOMANDE E/O ESERCIZI FREQUENTI

Si rimanda al programma del corso.

---