

**Laurea in Fisica**  
**a.a. 2003 – 2004**  
**Fisica dei materiali per la fotonica**  
**Titolare: Prof. Emilio Doni**

**Programma.**

Il corso è attivato per la prima volta nell'anno accademico 2003-04, nel secondo semestre. Il suo programma pertanto potrà essere meglio definito soltanto più avanti; qui si fornisce un programma ancora preliminare.

Si comincerà constatando che i materiali usati in fotonica sono essenzialmente semiconduttori cristallini, omogenei o drogati, eventualmente organizzati in eterostrutture. Le proprietà di tali materiali che presentano maggiore rilievo per le applicazioni in fotonica sono le proprietà ottiche. Queste premesse determinano il contenuto del corso.

1. Descrizione delle strutture cristalline di maggior interesse, reticoli diretti e reciproci, zona di Brillouin; metodi per la determinazione della struttura cristallina, condizione di Bragg; principali sistemi di crescita e di formazione delle strutture studiate.

2. Simmetria nei sistemi cristallini; gruppo spaziale, sottogruppo delle traslazioni; cenni di teoria delle rappresentazioni del gruppo spaziale, rappresentazioni irriducibili, determinazione delle rappresentazioni del sottogruppo delle traslazioni; relazione tra le rappresentazioni del gruppo di simmetria di una hamiltoniana e gli autostati di essa. Proiezioni secondo le rappresentazioni irriducibili del gruppo di simmetria.

3. Elettroni nei sistemi cristallini; approssimazione di Born-Oppenheimer; approssimazione con hamiltoniana ad un elettrone; rappresentazione degli stati elettronici con le rappresentazioni irriducibili del gruppo spaziale di simmetria del cristallo; teorema di Bloch; hamiltoniana parametrica in  $k$ , bande di energia; distinzione tra semiconduttori e metalli, gap fondamentale diretto e indiretto; metodo  $k \cdot p$ , massa efficace.

4. Vibrazioni reticolari, matrice dinamica; fononi e loro descrizione usando la simmetria del cristallo; branche acustiche e branche ottiche, longitudinali e trasverse.

5. Radiazione elettromagnetica in mezzi materiali; costante dielettrica e indice di rifrazione complessi, riflettività e assorbimento; relazioni di dispersione; interazione con i fononi ottici in cristalli polari; interazione con elettroni in bande di energia, transizioni dirette; densità congiunta degli stati, singolarità di van Hove; transizioni indirette; eccitoni di Wannier; principi dell'ottica non lineare, processi parametrici e non parametrici, descrizione microscopica dei processi elettronici non lineari.

6. Impurezze e difetti in semiconduttori, livelli elettronici localizzati; giunzioni e loro effetto; funzione involuppo.

7. Eterostrutture di semiconduttori; eterostrutture quantistiche: pozzi quantistici, effetti sui livelli elettronici, sottobande, densità di stati; fili e punti quantistici; processi ottici in eterostrutture.

8. Cristalli fotonici; principi generali; descrizione di alcune realizzazioni particolari.

Lecture consigliate per un maggior approfondimento degli argomenti proposti: il libro base è G.Grosso e G.Pastori Parravicini, Solid State Physics; per la teoria dei gruppi si rimanda al libro di F.Bassani e G.Pastori Parravicini, Electronic States and Optical Transitions in Solids; sono utili anche i libri di P.Y.Yu e M.Cardona, Fundamentals of Semiconductors, di V.M.Mitin, V.A.Kochelap e M.A.Stroscio, Quantum Heterostructures, e di R.W.Boyd, Nonlinear Optics; per i cristalli fotonici una trattazione dei concetti fondamentali si trova nel libro di J.D.Joannopoulos, R.D.Meade e J.N.Winn, Photonic Crystals. Una presentazione semplice di parte degli argomenti trattati nel corso si trova in due voci della Enciclopedia delle Scienze Fisiche dell'Istituto della Enciclopedia Italiana: Solidi, Livelli Elettronici, a cura di E.Doni, G.Grosso e G.Pastori Parravicini, e Solidi, Transizioni Ottiche, a cura di F.Bassani e E.Doni.