



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

## REGISTRO DELLE ATTIVITA' DIDATTICHE

### Dati Anagrafici

NICOLA MANINI

**Data di Nascita:** 06/06/1967 - **Codice Fiscale:** MNNNCL67H06C794P

**Ruolo:** I FASCIA

PHYS-04/A

DIPARTIMENTO DI FISICA "ALDO PONTREMOLI"

### Dati dell'insegnamento

**Anno Accademico:** 2024/2025 - **Stato del registro:** APPROVATO

**Data di chiusura:** 03/06/2025 - **Data di approvazione:** 04/06/2025

**Corso di Studio:** FISICA (Classe LM-17)

**Insegnamento:** Fisica dei Solidi 1

**Forme Didattiche e Ore assegnate:**

Lezioni (42.0 ore)

**Note:**

nessuna nota inserita.

### Riepilogo attività

<b>Forma didattica</b>	<b>Ore registrate</b>
Lezioni	42.0

## Dettaglio attività

Data	Ora Inizio	Ore	Modalità	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento
27/02/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Presentazione del corso. Introduzione alla fisica di solidi. Cenno a solidi non periodici. Strutture cristalline, cella primitiva e non primitiva. Simmetrie, classificazione dei sistemi cristallini e dei reticoli di Bravais. Qualche esempio di strutture cristalline monoatomiche e con base. Caratteristiche principali dei reticoli cubici. La cella di Wigner-Seitz. Impaccamento di sfere, frazione di riempimento. Esempi notevoli di strutture cristalline: strutture del diamante e di vari sali e semiconduttori cubici, reticolo hcp. Altri esempi di strutture con base.
28/02/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Classificazione dei 230 gruppi spaziali. Cenno ai quasicristalli. Struttura cristallina ed esperimenti di diffrazione, diffusione elastica di radiazione e trasformata di Fourier. Il reticolo reciproco. Intensità dei picchi di Bragg: fattore di forma atomico e fattore di struttura. Coerenza spaziale e volume efficace nello scattering elastico. Argomenti dati per lo studio individuale: I piani reticolari e gli indici di Miller. Formula di Bragg, formulazione di Ewald. Zone di Brillouin. Esempi per i reticoli cubici. Calcolo del fattore di forma atomico. Fattore di forma atomico per l'idrogeno. Analogo per neutroni. Esempi di fattore di struttura. Esempi di energia di coesione di cristalli: Gas nobili e cristalli ionici; somme di Madelung.
06/03/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Discussione degli argomenti di studio individuale. La separazione adiabatica. Potenziale adiabatico totale di solidi qualsiasi (ad es. covalenti) e suo significato sia per l'energia coesiva del solido sia per le sue proprietà meccaniche e vibrazionali. Energia di coesione di un solido. Calcoli ab initio del potenziale adiabatico: una panoramica dei vari metodi. Il metodo di Hartree-Fock: calcolo dell'energia su un determinante di Slater.
07/03/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Calcolo delle derivate funzionali. Derivazione e discussione delle equazioni di Hartree-Fock.
13/03/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Autoconsistenza, calcolo dell'energia totale. Teoria dal funzionale densità. Un esempio di funzionale densità approssimato: il metodo di Thomas-Fermi. Approssimazioni alla teoria del funzionale densità: introduzione al metodo di Kohn-Sham.
14/03/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Il metodo di Kohn-Sham. Approssimazione di densità locale per l'energia di scambio e correlazione. Confronto tra Hartree-Fock e DFT. Introduzione alla teoria della risposta elastica dei solidi. Analisi lineare delle deformazioni.
20/03/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Analisi lineare degli sforzi. La risposta elastica lineare. Modulo di bulk. Equazioni delle onde elastiche nei cristalli, caso speciale dei cristalli cubici, loro soluzioni in direzioni di alta simmetria. Argomento introdotto rapidamente e assegnato per lo studio individuale: Vibrazioni longitudinali e trasverse in solidi cubici. Leggi di dispersione. Modi ottici e modi acustici.
21/03/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Teoria generale delle vibrazioni dei cristalli. Proprietà generali dei modi normali di vibrazione, modi acustici e ottici, regola di somma acustica, ortogonalità dei modi. Calcoli ed esperimenti per la determinazione delle frequenze fononiche. Problema dello splitting LO-TO in cristalli cubici.
27/03/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Modi ottici, splitting LO-TO ed effetti di interazioni a lungo raggio. Proprietà termiche dei fononi. Densità spettrale degli oscillatori. Modello di Debye. Introduzione agli effetti anarmonici nei cristalli.
28/03/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Effetti anarmonici nei cristalli: teoria di Gruneisen della dilatazione termica dei solidi. Collisioni tra fononi; conducibilità termica. Ruolo dei processi umklapp. Dipendenza della conducibilità termica dalla temperatura.
03/04/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Elettroni nei metalli: il modello a jellio nel formalismo DFT. Energia di scambio e correlazione. Energia cinetica e contributo elettronico al calore specifico. Effetti di banda e di scattering sul calore specifico elettronico: la massa efficace termica. Trasporto di corrente in approssimazione di tempo di scattering: conduttività.

04/04/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Resistività, scattering da difetti e da fononi. Processi umklapp. Effetto Hall, coefficiente Hall. Conduttività termica elettronica. Legge di Wiedemann-Franz, numero di Lorenz. Conduttività elettrica in alternata. Cristalli periodici: metodi autoconsistenti nel calcolo degli stati elettronici. Soluzioni a simmetria conservata e soluzioni CDW.
10/04/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Formulazione del moto elettronico in spazio reciproco. Teorema di Bloch e sua dimostrazione. Origine fisica delle aperture dei gaps. Soluzione dell'equazione centrale per gli stati stazionari elettronici e struttura a bande. Soluzione autoconsistente per il moto elettronico nei cristalli. Riempimento delle bande: metalli, semiconduttori e isolanti. Superfici di Fermi. Approssimazione di "reticolo vuoto". Effetti del potenziale periodico vicino al bordo zona.
11/04/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Riempimento delle bande e energia di coesione dei cristalli. Equazioni semiclassiche per il moto degli elettroni nei cristalli. Massa efficace e suo significato fisico. Lacune e loro moto. Proprietà di base di vari semiconduttori. Valori dei gaps, dipendenza dalla temperatura, gaps diretti e indiretti e applicazioni optoelettroniche. Moto degli elettroni nei semiconduttori: modello a due bande. Donori, accettori e livelli d'impurezza.
17/04/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Occupazione delle bande. Legge d'azione di massa. Densità di portatori in semiconduttori intrinseci. Tecnologia per la produzione di semiconduttori puri. Semiconduttori drogati: densità di portatori all'equilibrio al variare della temperatura. Conduttività elettrica e mobilità dei portatori.
08/05/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Conduttività elettrica nei semiconduttori in funzione della temperatura. Effetto Hall nei semiconduttori. Cenno all'effetto Ettingshausen. Densità di portatori fuori dall'equilibrio, introduzione alle equazioni di continuità. Equazioni del moto per i portatori nei semiconduttori. Portatori di maggioranza e schermatura alla Debye.
09/05/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Portatori di minoranza e vita media di ricombinazione. Iniezione di portatori di minoranza a tasso continuo, iniezione di portatori in modo impulsato. Cenni a: giunzione pn all'equilibrio e polarizzata; applicazioni: rettificatori, diodi Zener, diodi a effetto tunnel, LED, lasers a giunzione, celle solari; il transistor a giunzione; il transistor a effetto di campo; cenni a tecniche d'integrazione e eterogiunzioni.
15/05/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Conduttività in alternata: campi elettromagnetici e funzioni di risposta lineare nei metalli. Riflettività e funzioni di risposta dielettrica. Lunghezza di penetrazione. Il modello di Drude per le funzioni di risposta. Introduzione ai tre diversi regimi di frequenza.
16/05/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	I diversi regimi di frequenza delle funzioni di risposta dielettrica nel modello di Drude. Esempi e limiti di applicabilità del modello a metalli reali. Introduzione all'equazione di Boltzmann. Trasporto elettronico nel formalismo dell'equazione di Boltzmann. Media sulla distribuzione. Correnti elettriche e di energia. Conduttività elettrica statica.
22/05/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Perturbazione oscillante nel tempo e nello spazio: conduttività elettrica in alternata, dipendenza da frequenza e vettore d'onda. Regione di Drude e regione anomala.
23/05/2025	10:30	2.0	sincrona in presenza	D	Dip. di Fisica	Lezioni	Trasporto in presenza di gradienti di temperatura e di densità elettronica nel formalismo dell'equazione di Boltzmann. Effetto Seebeck. Altri effetti termoelettrici: effetto Thomson, effetto Peltier. Cenno a altri fenomeni di trasporto e alla legge di Wiedemann-Franz. Efficienza ed applicazioni degli effetti termoelettrici. Cenno all'espansione di Sommerfeld per i coefficienti termoelettrici.