

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Fisica dei Solidi

Solid State Physics

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	L30
Codice	8066177	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Massimo Fanfoni

CODOCENTE

Modulo:

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI Obiettivo formativo è la conoscenza da parte dello studente dei concetti base della fisica dello stato solido, in particolare i concetti base dei solidi cristallini. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE. La conoscenza e la capacità di comprensione dei concetti di reticolo cristallino diretto e reciproco, zona di brillouin, stati elettronici di un cristallo, densità degli stati, e delle proprietà termiche di base - cfr. programma CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE La capacità di interpretare la fenomenologia dei materiali cristallini e di inquadrarla all'interno delle conoscenze fisiche di base acquisite nei corsi e di fisica atomica e molecolare e fisica teorica (meccanica quantistica) per poter comprendere le caratteristiche fondamentali dei cristalli (proprietà elettriche, ottiche, meccaniche, di trasporto e termiche). AUTONOMIA DI GIUDIZIO Saper giudicare autonomamente quali principi fisici sono alla base delle principali caratteristiche dei solidi (in particolare quelli cristallini) ABILITÀ COMUNICATIVE Conoscere (in italiano ed inglese) i termini e le espressioni specialistiche usate nella fisica dei solidi e saperli applicare con proprietà di linguaggio nella descrizione dei solidi cristallini e delle loro proprietà. Queste abilità saranno valutate in sede d'esame. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO Capacità di proseguire nella comprensione dei solidi e delle loro proprietà quantomeccaniche in modo da poter affrontare efficacemente i corsi della laurea magistrale (in caso di prosecuzione degli studi)
----------	--

English	LEARNING OBJECTIVE The educational objective of the course is to provide students with a solid understanding of the fundamental concepts of solid-state physics, with particular emphasis on the basic principles of crystalline solids. KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING The knowledge and the ability to understanding concepts such as crystal lattice (direct and reciprocal), brillouin zone, electronic state in a crystal, density of state, their thermal properties etc. - cfr. contents of the course – APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING The ability in the interpretation of the phenomenology of crystals and the capacity to insert them in the general framework of the general physics as well as quantum mechanics, atomic and molecular physics. The aim is understanding of fundamental features of crystals (electrical, optical, mechanical, and thermal properties) MAKING JUDGEMENTS Be able to independently judge which physical principles underlie the main characteristics of solids (particularly crystalline ones) COMMUNICATION SKILLS Knowledge (in Italian and English) of the specialized terms and expressions used in solid-state physics and the ability to apply them appropriately in describing crystalline solids and their properties. These skills will be assessed during the exam. LEARNING SKILLS Ability to further the understanding of solids and their quantum mechanical properties in order to be able to effectively undertake the master's degree courses (in case of continuing studies)
---------	---

PREREQUISITI

Italiano	Gli studenti che intraprendono il corso di Fisica dei Solidi devono aver sostenuto (o almeno seguito) oltre ai corsi di Fisica e di Matematica di base anche il corso di Fisica Atomica e Molecolare, il corso di Chimica dei Solidi ed avere qualche conoscenza di matematica superiore. Tali conoscenze sono necessarie alla comprensione del presente corso in quanto utilizzate in modo estensivo.
English	Students enrolling in the Solid State Physics course are expected to have completed (or at least attended), in addition to the basic Physics and Mathematics courses, the courses in Atomic and Molecular Physics and Solid State Chemistry, as well as to possess some knowledge of advanced mathematics. Such background knowledge is essential for understanding the present course, as it is used extensively throughout the program.

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Gli stati elettronici nei cristalli. Caso 1D Teorema di Bloch-Floquet, Modello di Huckel: catena chiusa. Approssimazione Tight binding. Teorema di Bloch in 3D. Condizioni
----------	---

	cicliche al contorno o di Born-von Karman. Densità degli stati (DOS) e punti critici in 1, 2 e 3 dimensioni. Teoria delle bande in 3D: Metodo Tight binding (TB-LCAO). Tempo 19 ore (2.4 CFU) La struttura fononica. Catene di atomi in 1 e 2 atomi per cella e Generalizzazione al caso 3D Tempo 6 ore (0.75 CFU). Semiconduttori. Correnti nei semiconduttori: Drift e Diffusione e relazione di Einstein-Nernst-Smoluchowskit. Concetto di lacuna. Densità dei portatori. Massa efficace e densità degli stati nel Si e nel Ge. Legge dell'azione di massa. Semiconduttori intrinseci ed estrinseci. Neutralità di carica, approssimazione della massa efficace e posizione del livello di Fermi in funzione della temperatura. Giunzione P-N. Tempo 13 ore (1.626 CFU) Magnetismo nei solidi. Concetto di Magnetizzazione. Teorema di Bohr-van Leeuwen. Livelli di energia per un gas di elettroni 2D in campo magnetico; livelli di Landau. Livelli di energia per un gas di elettroni 3D in campo magnetico. Suscettività magnetica orbitale; Effetto De Hass – van Alphen. MagnetoResistività - Effetto Hall classico. Mezzo isotropo con una banda; magnetoresistività parallela, magnetoresistività di Hall, coefficiente di Hall. Mezzo isotropo con due bande. Diamagnetismo e paramagnetismo. Suscettività degli isolanti con gusci chiusi: Diamagnetismo di Larmor. Paramagnetismo di Van Vleck. Suscettività degli isolanti con gusci aperti, paramagnetismo e legge di Curie. Suscettività dei metalli: paramagnetismo di Pauli. Tempo 13 ore (1.625 CFU)
English	Electronic states in crystals. 1D: Bloch-Floquet theorem. Tight binding approximation. Huckel model and close chain. Bloch theorem in 3D. Born-von Karman conditions. Density of states (DOS) and critical points: 1D, 2D and 3D. Band theory: Tight binding (TB-LCAO). Time 19 hours (2.4 CFU). Phonons: Chains with 1 and 2 atoms per cell. Extension to 3D case. Time 6 hours (0.75 CFU) Semiconductors. Drift and diffusion currents: Einstein- Nernst-Smoluchowski relation. Concept of hole. Density of carriers. Effective mass and density of states in Si and Ge. Law of mass action. Intrinsic and extrinsic semiconductors. Effective mass approximation and Fermi level position as a function of temperature. P-N Junction. Time 6 ore 13 hours (1.626 CFU) Magnetization. Diamagnetism and paramagnetism. Bohr-van Leeuwen theorem. Energy levels in a 2D electron gas in a magnetic field; Landau levels. 3D electron gas in a magnetic field. Orbital magnetic susceptibility; De Hass – van Alphen effect. MagnetoResistivity - Classical Hall effect. Parallel magnetoResistivity, Hall magnetoResistivity, Hall coefficient. Susceptibility of insulators with closed shells: Larmor Diamagnetism. Van Vleck paramagnetism. Susceptibility of insulators with partially filled shell: Paramagnetism and Curie's law. Susceptibility in metals: Pauli paramagnetism. Time 13 hours (1.625 CFU)

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	Solid State Physics di Ashcroft e Mermin; Solid State Physics di Giuseppe Grosso e Giuseppe Parravicini; Introduction to Solid State Physics by Kittel;
English	Solid State Physics di Ashcroft e Mermin; Solid State Physics di Giuseppe Grosso e Giuseppe Parravicini; Introduction to Solid State Physics by Kittel;

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza

☐ A distanza

Italiano	Il corso è di 7 CFU ovvero 56 ore si svolge. I testi e le modalità di esame sono presentati nella prima lezione del corso. Le lezioni vengono svolte e la conoscenza trasmessa con l'ausilio della lavagna di ardesia e l'uso del gesso. Questo è il metodo che ritengo più adatto per una interazione efficace tra il docente e lo studente, soprattutto per quanto concerne materie scientifiche "dure". L'uso delle immagini attraverso dispositivi elettronici è limitata a disegni particolarmente complessi (ad esempio, assonometrie o prospettive di strutture cristalline)
English	The course consists of a series of lectures totaling approximately 56 hours. The recommended texts and exam procedures are presented during the first lecture of the course. Lectures are delivered primarily using a traditional blackboard and chalk. This teaching method is considered particularly effective for fostering interaction between the instructor and students, especially in the context of rigorous scientific disciplines. The use of electronic visual aids is limited to the presentation of particularly complex figures, such as axonometric or perspective representations of crystal structures. During the examination, the following aspects will be assessed

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	La frequenza regolare del corso non è obbligatoria ma è molto consigliata al fine di facilitare l'apprendimento delle derivazioni matematico-fisiche trattate nel corso. Le lezioni sono svolte nelle aule del dipartimento
English	The regular attendance of the course is not mandatory but it is highly recommended to facilitate the learning of the mathematical-physical derivations dealt within the course. Lessons are held in the classrooms of the department

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

☐ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica
☐ Valutazione in itinere ☐ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Oltre al Titolare **Massimo Fanfoni**, 1 o 2 fra i seguenti esperti del settore: Maurizia Palummo, Anna Sgarlata, Beatrice Bonanni, Luca Persichetti

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	Per il superamento dell'esame è richiesto un voto non inferiore a 18/30. La valutazione sarà effettuata secondo i seguenti criteri: • Non idoneo: conoscenza insufficiente degli argomenti fondamentali dell'insegnamento e limitata capacità di interpretazione delle proprietà fisiche dei materiali cristallini e dei relativi modelli teorici. • 18-20: conoscenza essenziale dei contenuti dell'insegnamento; comprensione sufficiente dei principali concetti relativi alla fisica dei materiali cristallini, pur in presenza di imprecisioni espositive e limitata autonomia nell'applicazione dei modelli teorici.
----------	--

	• 21-23: conoscenza adeguata degli argomenti trattati; capacità di descrivere correttamente i principali modelli della fisica dello stato solido e di applicarli a sistemi cristallini semplici. • 24-26: buona conoscenza dei contenuti dell'insegnamento e buona capacità di analisi e sintesi; uso corretto del formalismo teorico e adeguata capacità di collegare struttura cristallina e proprietà fisiche dei materiali. • 27-29: conoscenza completa e approfondita degli argomenti; buona autonomia nell'analisi critica delle proprietà elettroniche, di trasporto, ottiche, vibrazionali dei materiali cristallini e nell'utilizzo dei modelli teorici trattati. • 30-30 e lode: eccellente padronanza degli argomenti trattati, elevata capacità di rielaborazione critica e autonoma dei contenuti, esposizione rigorosa e utilizzo appropriato del linguaggio scientifico, con piena comprensione delle relazioni tra struttura cristallina e proprietà fisiche dei solidi
English	To pass the examination, students must obtain a grade of at least 18/30. Assessment will be based on the following criteria: • Not passed: insufficient knowledge of the fundamental topics of the course and limited ability to interpret the physical properties of crystalline materials and the related theoretical models. • 18-20: basic knowledge of the course content; sufficient understanding of the main concepts of Solid State Physics, although with inaccuracies in exposition and limited autonomy in applying theoretical models. • 21-23: adequate knowledge of the topics covered; ability to correctly describe the main models of Solid State Physics and apply them to simple crystalline systems. • 24-26: good knowledge of the course content and good ability in analysis and synthesis; correct use of theoretical formalism and adequate ability to connect crystal structure with physical properties of materials. • 27-29: comprehensive and in-depth knowledge of the topics; good autonomy in critical analysis of electronic, transport, optical, and vibrational properties of crystalline materials and in the use of the theoretical models discussed. • 30-30 with honors: excellent mastery of the topics covered, high capacity for critical and independent re-elaboration of the content, rigorous exposition and appropriate use of scientific language, with full understanding of the relationships between crystal structure and physical properties of solids.