

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Fisica Quantistica della Materia 2

QUANTUM PHYSICS OF MATTER 2

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	FISICA (LM-17)
Codice	8067722-8068938	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

MAURIZIA PALUMMO

CODOCENTE

Modulo:

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI L'insegnamento si propone di fornire una preparazione avanzata nell'ambito della Fisica della Materia Condensata, con particolare attenzione alla descrizione microscopica e macroscopica delle proprietà fisiche dei materiali cristallini. L'insegnamento approfondisce aspetti teorici e sperimentali della fisica quantistica applicata allo studio delle proprietà strutturali, elettroniche, vibrazionali, di trasporto e ottiche dei solidi cristallini, introducendo anche temi di interesse nella ricerca contemporanea nel settore. L'obiettivo principale è fornire agli studenti le conoscenze fondamentali dei principali modelli teorici e delle tecniche sperimentali utilizzate per comprendere, descrivere ed interpretare le proprietà fisiche dei materiali cristallini solidi CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensione L'insegnamento fornisce agli studenti gli strumenti concettuali e metodologici necessari per comprendere le proprietà strutturali, vibrazionali, elettroniche ed ottiche dei materiali cristallini nell'ambito di una descrizione microscopica quanto-meccanica. Le lezioni affrontano sia la formulazione matematica sia l'interpretazione fisica dei principali aspetti teorici e delle tecniche sperimentali impiegate nello studio della materia condensata. Particolare attenzione viene dedicata alla relazione tra struttura cristallina e proprietà fisiche dei materiali, nonché alla comprensione dei fenomeni fondamentali che governano il comportamento elettronico e vibrazionale dei solidi. Durante le lezioni vengono inoltre discussi esempi e applicazioni relativi a materiali di interesse attuale nella ricerca in Fisica della Materia, al fine di ampliare la conoscenza dello studente sulle problematiche e sugli sviluppi più recenti del settore. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensione Al termine dell'insegnamento, lo studente dovrà essere in grado di: identificare gli elementi essenziali di un problema fisico relativo ai materiali cristallini; costruire modelli teorici appropriati, individuando le approssimazioni più adeguate; interpretare proprietà fisiche e osservabili sperimentali nell'ambito della fisica della materia condensata; comprendere il ruolo e i limiti dei principali metodi teorici e sperimentali utilizzati per la caratterizzazione dei materiali. L'Insegnamento mira inoltre a fornire gli strumenti matematico-fisici necessari per affrontare la lettura critica di articoli scientifici specialistici, anche in lingua inglese, relativi allo studio delle proprietà strutturali, elettroniche, vibrazionali ed ottiche dei
----------	---

	materiali cristallini. Gli studenti dovranno essere in grado di applicare in modo autonomo e critico le conoscenze acquisite per analizzare le proprietà dei materiali e valutarne possibili applicazioni nell'ambito della Fisica della Materia Condensata. AUTONOMIA GIUDIZIO Al termine dell'insegnamento lo studente avrà acquisito la capacità di analizzare in modo critico le proprietà fisiche dei materiali cristallini. Nello specifico, sarà in grado di valutare in autonomia e di correlare tra loro le proprietà strutturali, vibrazionali, elettroniche, ottiche e di trasporto dei solidi, sapendo selezionare i modelli teorici più idonei per interpretare dati sperimentali o predire il comportamento di specifici sistemi ABILITÀ COMUNICATIVE Durante l'insegnamento viene prestata particolare attenzione alla capacità di esporre in modo chiaro, rigoroso e scientificamente corretto i concetti e i modelli introdotti. Lo studente dovrà dimostrare di saper utilizzare il linguaggio specialistico della Fisica della Materia Condensata in maniera appropriata e di saper discutere in modo coerente le proprietà fisiche dei materiali cristallini, collegando formalismo teorico e interpretazione fisica dei fenomeni osservati. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO L'insegnamento è strutturato in modo da stimolare e indirizzare lo studente verso lo studio autonomo e l'approfondimento della Fisica della Materia Condensata attraverso la consultazione di testi scientifici specialistici ed eventualmente articoli di ricerca. Lo studente svilupperà la capacità di attingere criticamente a più fonti bibliografiche, confrontando approcci teorici diversi al fine di ampliare le proprie capacità di analisi e di acquisire l'autonomia metodologica necessaria per affrontare percorsi di ricerca successivi o lo sviluppo di tecnologie avanzate.
English	LEARNING OBJECTIVES The course aims to provide advanced training in the field of Condensed Matter Physics, with particular emphasis on the microscopic and macroscopic description of the physical properties of crystalline materials. The course explores both theoretical and experimental aspects of quantum physics applied to the study of the structural, electronic, vibrational, transport, and optical properties of crystalline solids. It also introduces topics of current interest in contemporary research within the field. The primary objective is to equip students with a solid understanding of the fundamental theoretical models and experimental techniques used to investigate, describe, and interpret the physical properties of crystalline solid materials. KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING The course provides students with the conceptual and methodological tools required to understand the structural, vibrational, electronic, and optical properties of crystalline materials within a microscopic quantum-mechanical framework. Lectures address both the mathematical formulation and the physical interpretation of the main theoretical concepts and experimental techniques employed in the study of condensed

matter. Particular attention is devoted to the relationship between crystal structure and the physical properties of materials, as well as to the understanding of the fundamental phenomena governing the electronic and vibrational behavior of solids.

Examples and applications involving materials of current interest in condensed matter research are also discussed throughout the course, with the aim of broadening students' knowledge of contemporary challenges and recent developments in the field

APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING

Upon successful completion of the course, students will be able to:

- Identify the essential elements of a physical problem related to crystalline materials;
- Develop appropriate theoretical models and select the most suitable approximations;
- Interpret physical properties and experimental observables within the framework of condensed matter physics;
- Understand the capabilities and limitations of the principal theoretical and experimental methods used for materials characterization.

The course also aims to provide the mathematical and physical tools required for the critical reading and interpretation of specialized scientific literature, including articles written in English, concerning the structural, electronic, vibrational, and optical properties of crystalline materials.

Students will be expected to apply the acquired knowledge independently and critically to analyze the properties of materials and assess their potential applications in the field of Condensed Matter Physics.

MAKING JUDGEMENTS At the end of the course, students will have acquired the ability to critically analyze and evaluate the physical properties of crystalline materials. Specifically, they will be able to independently assess and correlate their structural, vibrational, electronic, optical, and transport properties, selecting the most appropriate theoretical models to interpret experimental data and predict the behavior of specific systems. Students will also develop the capacity to critically evaluate the assumptions and limitations of different theoretical approaches and to formulate scientifically sound judgments based on available experimental and computational evidence.

COMMUNICATION SKILLS

Throughout the course, particular emphasis is placed on the ability to present concepts and models clearly, rigorously, and with scientific accuracy.

Students are expected to demonstrate the ability to use the specialized terminology of Condensed Matter Physics appropriately and to discuss the physical properties of

	crystalline materials in a coherent manner, effectively linking theoretical formalism with the physical interpretation of observed phenomena. LEARNING SKILLS. The course is designed to stimulate and guide students toward independent study and in-depth exploration of Condensed Matter Physics through the consultation of specialized scientific literature and the continuous updating of research findings. Students will develop the ability to distinguish between the various areas of Condensed Matter Physics, critically evaluate information from the literature, and independently identify the resources and tools necessary to deepen and expand the topics covered during the course.
--	---

PREREQUISITI

Italiano	Nozioni di calcolo differenziale ed integrale, analisi complessa, di meccanica quantistica con applicazioni ad atomi e molecole
English	Notions of differential and integral calculus, complex analysis, quantum mechanics with applications to atoms and molecules.

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Strutture cristalline periodiche (4 ore) Periodicità traslazionale e definizione di cella elementare. Classificazione dei reticoli di Bravais in una, due e tre dimensioni. Strutture cristalline semplici e composte. Descrizione delle proprietà geometriche delle più importanti strutture cristalline. (Appunti, cap. 4 di Solid State Physics oppure cap. 2 di Solid State Physics). Reticolo reciproco (2 ore) Definizione, proprietà fondamentali e utilità. Zona di Brillouin: definizione ed esempi. Piani reticolari e indici di Miller. (Appunti, cap. 5 di Solid State Physics). Determinazione delle strutture cristalline tramite scattering elastico (6 ore) Determinazione delle strutture cristalline tramite scattering elastico di particelle: raggi X, elettroni e neutroni. Teoria dello scattering elastico dei raggi X e intensità del fascio diffratto. Formulazione della legge di Laue ed equivalenza con la legge di Bragg. Fattore di struttura geometrico ed esempi. Metodi sperimentali: costruzione della sfera di Ewald, metodo di Laue, metodo del cristallo rotante, metodo delle polveri. (Appunti, cap. 6 di Solid State Physics, e sez. 1–2 del cap. X di Solid State Physics). Hamiltoniana elettronica in potenziale periodico (6 ore) Hamiltoniana di un singolo elettrone in un potenziale periodico. Teorema di Bloch: prima e seconda dimostrazione. Condizioni periodiche al contorno. Concetto di banda elettronica. (Appunti, cap. 8 di Solid State Physics). Definizione di velocità e tensore massa efficace per elettroni di Bloch. (Appunti, Appendice E di Solid State Physics oppure par. 6.2 del cap. II di Solid State Physics). Densità degli stati e punti critici. Formule per sistemi 1D, 2D e 3D. (Appunti, par. 7 del cap. II di Solid State Physics).
----------	--



Teoria dell'elettrone libero e quasi-libero (4 ore)

Teoria dell'elettrone libero (modello di Sommerfeld). Grandezze fondamentali. Introduzione del parametro adimensionale r_s . Espressione dell'energia totale in funzione di r_s . Superficie di Fermi. Calore specifico elettronico ed espansione di Sommerfeld. (Appunti, cap. 2 di Solid State Physics oppure cap. 2 di Solid State Physics). Teoria dell'elettrone quasi-libero. Condizioni di Bragg e apertura dei gap energetici. (Appunti, cap. 9 di Solid State Physics).

Metodo del legame forte (tight-binding) (4 ore)

Ipotesi fisiche e descrizione del metodo per reticoli semplici e con base. Esempi: catena monodimensionale con atomi identici (orbitali s ; s , p_x ; s , p_x , p_y , p_z), catena con due atomi diversi per cella (orbitali s), reticolo fcc (orbitali s).

Struttura a bande del grafene (solo orbitali p_z). Punti di Dirac. Confronto con BN. Proprietà elettroniche dei nanotubi zig-zag e armchair. (Appunti, cap. 5 di Solid State Physics e cap. 10 di Solid State Physics).

Espansione in onde piane e pseudopotenziali (4 ore)

Sviluppo in onde piane: vantaggi e svantaggi (problema del collasso variazionale). Onde piane ortogonalizzate. Metodo dello pseudopotenziale. (Appunti, par. 3 e 4 del cap. 5 di Solid State Physics).

Bande elettroniche nei principali solidi: gas nobili solidi, solidi ionici, covalenti, metalli semplici e metalli nobili. (Appunti, cap. VI di Solid State Physics).

Proprietà ottiche dei materiali (4 ore)

Equazioni di Maxwell ed equazione delle onde elettromagnetiche in un mezzo. Funzione dielettrica, indice di rifrazione, conducibilità e relazione con osservabili fisiche (assorbimento, riflettività, trasmissione). Modello di Lorentz–Drude. (Appunti del corso, par. 1–2 cap. XI di Solid State Physics; par. 2.4–2.6 e 3.1–3.3 di Optical Properties of Solids). Relazioni di Kramers–Kronig.

Interazione radiazione–materia (2 ore)

Teoria quantistica dell'interazione radiazione–materia. Regola d'oro di Fermi. Probabilità di transizione e connessione con la parte immaginaria della funzione dielettrica. Joint density of states (JDOS) e interpretazione degli spettri ottici. Cenni al modello idrogenoide dell'eccitone. (Appunti del corso, cap. XII di Solid State Physics).

Trasporto elettrico e termico nei metalli (4 ore)

Modello di Drude: conducibilità elettrica e cenni alla conducibilità termica. Legge di Wiedemann–Franz Effetto Hall e cenni all'effetto Hall quantistico. Equazione di Boltzmann per trasporto elettrico e termico. Approssimazione del tempo di rilassamento. Conducibilità elettrica e termica. Fenomeni termoelettrici. (Appunti, cap. 1 di Solid State Physics; sez. XI.3, XI.4.1, XI.6.1).

Semiconduttori (4 ore)

	Definizione, struttura a bande e proprietà. Semiconduttori intrinseci ed estrinseci. Statistica dei portatori. Legge di azione di massa. Dipendenza dal livello di Fermi e dalla concentrazione dei portatori in funzione della temperatura. Cenni alla giunzione p-n. (Appunti, cap. 28 e cap. 29 fino a pag. 600 di Solid State Physics). Dinamica reticolare nei cristalli (4 ore) Vibrazioni reticolari in approssimazione di Born–Oppenheimer e armonica. Proprietà della matrice delle costanti di forza. Catena monodimensionale monoatomica e biatomica. Branche acustiche e ottiche. (Appunti, par. 1–2 cap. IX di Solid State Physics) Dinamica dei cristalli tridimensionali: branche acustiche e ottiche, modi longitudinali e trasversi. (Appunti, par. 3–4 cap. IX di Solid State Physics). Cenni al calcolo del calore specifico vibrazionale: modelli di Einstein e Debye. (par. 5 cap. IX di Solid State Physics).
English	Periodic Crystal Structures (4 hours) Translational periodicity and definition of the primitive cell. Classification of Bravais lattices in one, two and three dimensions. Simple and compound crystal structures. Description of the geometric properties of the most important crystal structures. (Lecture notes, Ch. 4 of Solid State Physics, or Ch. 2 of Solid State Physics). Reciprocal Lattice (2 hours) Definition, fundamental properties, and applications. Brillouin zone: definition and examples. Lattice planes and Miller indices. (Lecture notes, Ch. 5 of Solid State Physics). Determination of Crystal Structures by Elastic Scattering (6 hours) Determination of crystal structures through elastic scattering of particles: X-rays, electrons, and neutrons. Theory of elastic X-ray scattering and intensity of the diffracted beam. Formulation of the Laue condition and its equivalence to Bragg's law. Geometrical structure factor and examples. Experimental methods: Ewald sphere construction, Laue method, rotating crystal method, powder diffraction method. (Lecture notes, Ch. 6 of Solid State Physics, and Sections 1–2 of Ch. X of Solid State Physics). Electrons in Periodic Potentials (6 hours) Single-electron Hamiltonian in a periodic potential. Bloch theorem: first and second proof. Periodic boundary conditions. Concept of electronic bands. (Lecture notes, Ch. 8 of Solid State Physics). Definition of velocity and effective mass tensor for Bloch electrons. (Lecture notes, Appendix E of Solid State Physics, or Section 6.2 of Ch. II of Solid State Physics). Density of states and critical points. Formulas for 1D, 2D, and 3D systems. (Lecture notes, Section 7 of Ch. II of Solid State Physics). Free and Nearly-Free Electron Models (4 hours) Free electron theory (Sommerfeld model). Fundamental quantities. Introduction of the dimensionless parameter r_s. Expression of the total energy in terms of r_s. Fermi surface. Electronic specific heat and Sommerfeld expansion. (Lecture notes, Ch. 2 of Solid State

Physics or Ch. 2 of Solid State Physics). Nearly-free electron theory. Bragg conditions and energy gaps. (Lecture notes, Ch. 9 of Solid State Physics).

[Tight-Binding Method \(4 hours\)](#)

Tight-binding method: physical assumptions and description of the method for simple lattices and lattices with a basis. Examples: one-dimensional chain with identical atoms (s orbitals; s, px; s, px, py, pz orbitals), one-dimensional chain with two different atoms per unit cell and s orbitals, fcc lattice with s orbitals. Band structure of graphene considering only pz orbitals. Dirac points. Comparison with boron nitride (BN). Electronic properties of zig-zag and armchair nanotubes. (Lecture notes, Ch. 5 of Solid State Physics and Ch. 10 of Solid State Physics).

[Plane-Wave Expansion and Pseudopotentials \(4 hours\)](#)

Plane-wave expansion: advantages and disadvantages (variational collapse problem). Orthogonalized plane waves. Pseudopotential method. (Lecture notes, Sections 3 and 4 of Ch. 5 of Solid State Physics).

Band structures of the main classes of solids: rare-gas solids, ionic solids, covalent solids, simple metals, and noble metals. (Lecture notes, Ch. VI of Solid State Physics).

[Optical Properties of Materials \(4 hours\)](#)

Optical properties of materials: Maxwell equations, electromagnetic wave equation in a medium. Dielectric function, refractive index, conductivity, and their relation to physical observables such as absorption, reflectivity, and transmission. Lorentz–Drude model. (Lecture notes, Sections 1–2 of Ch. XI of Solid State Physics; Sections 2.4–2.6 and 3.1–3.3 of Optical Properties of Solids). Kramers–Kronig relations.

[Radiation–Matter Interaction \(2 hours\)](#)

Quantum theory of radiation–matter interaction. Fermi’s golden rule. Transition probability and its connection with the imaginary part of the dielectric function. Joint density of states (JDOS). Interpretation of optical spectra in terms of the JDOS. Brief introduction to the hydrogenic model for excitons. (Lecture notes, Sections 1–2 of Ch. XII of Solid State Physics).

[Electrical and Thermal Transport in Metals \(4 hours\)](#)

Drude model: electrical conductivity and brief discussion of thermal conductivity. Wiedemann–Franz law (without derivation). Hall effect and introduction to the quantum Hall effect. Boltzmann equation for electrical and thermal transport. Relaxation-time approximation. Electrical and thermal conductivity. Wiedemann–Franz law. Thermoelectric phenomena. (Lecture notes, Ch. 1 of Solid State Physics; Section XI.3, XI.4.1, XI.6.1).

[Semiconductors \(4 hours\)](#)

Semiconductors: definition, band structure, and properties. Intrinsic and extrinsic semiconductors. Carrier statistics. Mass action law. Temperature dependence of the Fermi

	level and carrier concentration. Brief introduction to the p–n junction. (Lecture notes, Chs. 28 and 29 up to p. 600 of Solid State Physics). Lattice Dynamics in Crystals (4 hours) Concept of lattice vibrations within the Born–Oppenheimer and harmonic approximations. Properties of the force-constant matrix. One-dimensional monoatomic and diatomic chains. Acoustic and optical branches. (Lecture notes, Sections 1–2 of Ch. IX of Solid State Physics). Dynamics of a three-dimensional crystal: acoustic and optical branches, longitudinal and transverse modes. (Lecture notes, Sections 3–4 of Ch. IX of Solid State Physics). Brief introduction to the calculation of vibrational specific heat: Einstein and Debye models. (Section 5 of Ch. IX of Solid State Physics).
--	---

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

<i>Italiano</i>	Solid State Physics di Ashcroft e Mermin; Solid State Physics di Giuseppe Grosso e Giuseppe Parravicini ; Introduction to Solid State Physics by Kittel; Wooten “ Proprieta' ottiche dei solidi” Note del Docente sul. Canale della piattaforma teams
<i>English</i>	Solid State Physics di Ashcroft e Mermin; Solid State Physics di Giuseppe Grosso e Giuseppe Parravicini ; Introduction to Solid State Physics by Kittel; Wooten “ Proprieta' ottiche dei solidi” Teacher Notes on teams channel

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

<i>Italiano</i>	Didattica frontale condotta in aula mediante uso della lavagna e del gesso in modo da dare il tempo agli studenti di riflettere sulle derivazioni matematico-fisiche degli argomenti trattati e di formulare appropriate domande al docente. Il ricorso a mezzi audiovisivi è limitato alla presentazione di argomenti specifici che necessitano illustrazione e discussione di figure e dati.
<i>English</i>	Frontal lectures done in the classroom using the blackboard and chalk in order to give students time to reflect on the mathematical-physical derivations of the topics covered and to formulate appropriate questions to the teacher. The use of audiovisual media is limited to the presentation of specific topics that require illustration and discussion of figures and data..

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

<i>Italiano</i>	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 in order 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 ALLA TITOLARE MAURIZIA PALUMMO, 1 o 2 fra i seguenti esperti nel settore OLIVIA PULCI, TOMMASO GIOVANNINI, GIANLUCA STEFANUCCI, ENRICO PERFETTO, MASSIMO FANFONI, ANNA SGARLATA, LUCA CAMILLI

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	L'esame consiste in una prova orale finalizzata ad accertare la conoscenza e la comprensione dei principali concetti della Fisica dello Stato Solido, con particolare riferimento alla struttura e alle proprietà fisiche dei materiali cristallini solidi, alla diffrazione, alla struttura elettronica vibrazionale e proprietà di trasporto ed ottiche dei cristalli e alle proprietà dei semiconduttori intrinseci ed estrinseci Nel corso della prova saranno valutate: - la capacità di utilizzare i modelli teorici introdotti durante il corso per interpretare le proprietà strutturali, elettroniche, ottiche e vibrazionali dei materiali cristallini; - la capacità di collegare formalismo matematico e interpretazione fisica; - l'autonomia di giudizio nell'analisi dei fenomeni trattati; - la chiarezza espositiva e l'uso appropriato del linguaggio scientifico. 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	The exam consists of an oral test aimed at assessing the knowledge and understanding of the main concepts of Solid State Physics, with particular reference to the structure and physical properties of crystalline solid materials, diffraction, electronic and vibrational structure, transport and optical properties of crystals, and the properties of intrinsic and extrinsic semiconductors. During the examination, the following will be evaluated: • the ability to use the theoretical models introduced during the course to interpret the structural, electronic, optical, and vibrational properties of crystalline materials; • the ability to connect mathematical formalism with physical interpretation; • independent judgment in the analysis of the phenomena covered; • clarity of exposition and appropriate use of scientific language. To pass the exam, a minimum grade of 18/30 is required. The evaluation will be carried out according to 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.