

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

MATERIALI - STRUTTURA, SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE ED ECONOMICA (Mod. 1)

MATERIALS: STRUCTURE, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC SUSTAINABILITY (Mod. 1)

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	Scienza dei Materiali (LT-Sc.Mat)
Codice	8068718	Canale	Unico
CFU	3	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

MASSIMO LONGO

CODOCENTE

Modulo: Struttura e simmetrie dei materiali cristallini con laboratorio (mod. 1, M-7646)

Structure and symmetries of crystalline materials with laboratory (mod. 1, M-7646)

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI Il modulo è volto a fornire una solida formazione di base di cristallografia nell'ambito della Scienza dei Materiali che, per sua natura, richiede un'equilibrata composizione di conoscenze di fisica e di chimica. L'obiettivo del corso è quello di completare la formazione scientifica degli studenti con le conoscenze di base sulla struttura e le proprietà dei sistemi cristallini. A tal fine si individuano quali argomenti formativi le tematiche connesse alla classificazione delle strutture cristalline e l'analisi dei cristalli mediante le tecniche di diffrazione dei raggi X, fluorescenza X e microscopia elettronica a scansione. Durante il modulo saranno forniti elementi per gli agganci tra le proprietà di alcuni cristalli, il loro utilizzo nella scienza dei materiali ed il loro impatto ambientale. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE Le lezioni vertono sulle proprietà e la struttura dei solidi cristallini, la loro caratterizzazione mediante tecniche diffrattive, ottiche ed elettroniche. Il corso intende fornire allo studente gli strumenti di base necessari per comprendere le proprietà strutturali, morfologiche e composizionali dei cristalli in termini di una descrizione microscopica fino alla struttura reticolare cristallina. Le conoscenze interdisciplinari che caratterizzano il corso sono in armonia con la natura interdisciplinare del corso di Scienza dei Materiali che induce gli studenti ad integrare ed armonizzare nozioni provenienti da ceppi culturali differenti (Chimica e Fisica). CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE Lo studente dovrà essere in grado di utilizzare una tecnica diffrattometrica per la caratterizzazione di un solido amorfo o cristallino. Dovrà dimostrare di aver compreso le nozioni di cristallografia, i principi di diffrazione X, microscopia elettronica a scansione e fluorescenza X. Lo studente sarà anche in grado di affrontare problemi scientifici nuovi e di leggere testi in inglese su argomenti connessi alla scienza dei materiali.
----------	--

	AUTONOMIA DI GIUDIZIO Agli studenti viene richiesta la capacità di utilizzare le conoscenze acquisite in maniera critica, nello specifico per la caratterizzazione chimico-fisica di un solido, mediante la determinazione delle sue proprietà strutturali, morfologiche e composizionali, al fine di valutarne le caratteristiche per un appropriato impiego nel campo della scienza dei materiali. ABILITÀ COMUNICATIVE Viene prestata particolare attenzione alla capacità di utilizzare, in maniera appropriata e in un contesto concettualmente coerente e rigoroso, i termini acquisiti nel corso delle lezioni. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO Stimolare ed indirizzare gli studenti all'uso di testi specialistici, anche al fine di apprendere il medesimo argomento da più di una fonte, approfondendone così la comprensione e ampliando, al contempo, la capacità di analisi dello studente. In questo contesto viene fortemente consigliata la lettura di alcuni articoli originali, "storici", che hanno contribuito, in maniera determinante, allo sviluppo della Chimica e della Fisica dello stato solido.
English	LEARNING OBJECTIVES The module is aimed at providing a solid basic training in crystallography in the field of Materials Science, which, by its nature, requires a balanced composition of physics and chemistry knowledge. The objective of the course is to supplement the students' scientific training with basic knowledge of the structure and properties of crystalline systems. To this end, topics related to the classification of crystal structures and crystal analysis using X-ray diffraction, X-fluorescence and scanning electron microscopy techniques are identified as training topics. Elements for understanding the correlation between the properties of certain crystals, their use in materials science and their environmental impact will be provided during the module. KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING Lectures cover the properties and structure of crystalline solids, their characterization by diffractive, optical and scanning electron microscopy techniques. The course aims to provide the student with the basic tools necessary to understand the structural, morphological and compositional properties of crystals in terms of a microscopic description down to the crystal lattice structure. The interdisciplinary knowledge that characterizes the course is in keeping with the interdisciplinary nature of the Materials Science course, which induces students to integrate and harmonize notions from different disciplinary backgrounds (Chemistry and Physics). APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING The student should be able to use a diffractometric technique for the characterization of an amorphous or crystalline solid. He/she will need to demonstrate an understanding of crystallography, principles of X-ray diffraction, scanning electron microscopy and X-Ray fluorescence. The student will also be able to tackle novel scientific problems and read English texts on topics related to materials science. MAKING JUDGEMENTS Students are required to have the ability to use the acquired knowledge critically, specifically for the chemical-physical characterization of a solid by

	determining its structural, morphological and compositional properties in order to evaluate its characteristics for appropriate use in the field of materials science. COMMUNICATION SKILLS Particular attention is paid to the ability to use, appropriately and in a conceptually coherent and rigorous context, terms acquired in the course of lectures. LEARNING SKILLS To stimulate and direct students to the use of specialized texts, even in order to learn the same topic from more than one source, thus deepening their understanding and broadening, at the same time, the students' ability to analyze. In this context, the reading of some original, "historical" articles that have contributed, in a decisive way, to the development of Solid State Chemistry and Physics is strongly recommended.
--	---

PREREQUISITI

Italiano	Nozioni di base di calcolo differenziale ed integrale, di chimica e fisica generale.
<i>English</i>	Basic notions of differential and integral calculation, general chemistry and physics.

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Lezioni frontali (16 ore) I solidi Cristallini - I reticoli di Bravais, Celle primitive, Cambiamenti di base, Reticoli con base, Modello a sfere rigide, Siti interstiziali, Elementi ed operazioni di simmetria, Classificazione dei reticoli di Bravais (4 ore). La diffrazione dei raggi X da cristallo - Il Reticolo reciproco, Interpretazione geometrica degli indici di Miller, Diffrazione secondo Bragg e secondo von Laue, Intensità di diffrazione. La legge di Friedel, Il fattore di forma atomico, effetto della temperatura sullo spettro di diffrazione (6 ore). Tecniche per la caratterizzazione dei solidi: XRD (X-ray Diffraction), XRF (X-ray Fluorescence) e SEM (Scanning Electron Microscopy) (6 ore). Esperienze di laboratorio (12 ore) Esperienze sulle tecniche per la caratterizzazione dei solidi: XRD, XRF e SEM.
<i>English</i>	Lectures (16 hours) Crystalline Solids - Bravais lattices, Primitive cells, Change of basis, Lattice with basis, Rigid sphere model, Interstitial sites, Symmetry elements and operations, Classification of Bravais lattices (4 hours). X-ray diffraction from crystals - The Reciprocal Lattice, Geometric interpretation of Miller indices, Diffraction according to Bragg and according to von Laue, Diffraction intensity. Friedel's law, The atomic form factor, Effect of temperature on the diffraction spectrum (6 hours).

	Techniques for characterizing solids: XRD (X-ray Diffraction), XRF (X-ray Fluorescence) and SEM (Scanning Electron Microscopy) (6 hrs.) Laboratory experiences (12 hours) Laboratory activities on characterization techniques for solids: XRD, XRF and SEM.
--	--

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	R.J. Borg, G.J. Dienes: "The physical Chemistry of solids" Academic Press H. Ibach, H. Lüth "Solid state physics: an introduction to principles of materials science", Springer M. Tomellini, "Appunti di chimica fisica dello stato solido" Aracne Editrice N. W. Ashcroft, N.D. Mermin, "Solid State Physics", HRD International edition N.F. Mott, H. Jones, "The theory and properties of Metals and Alloys" Dover Publication A. West, "Solid State Chemistry and its Application", Wiley G. Grosso, G. Pastori Parravicini, Solid State Physics, Academic Press Diapositive del Docente condivise sul Canale della piattaforma Teams
English	R.J. Borg, G.J. Dienes: "The physical Chemistry of solids" Academic Press H. Ibach, H. Lüth "Solid state physics: an introduction to principles of materials science", Springer M. Tomellini, "Note on Solid State Physical Chemistry" Aracne Editrice "(in Italian)" N. W. Ashcroft, N.D. Mermin, "Solid State Physics", HRD International edition N.F. Mott, H. Jones, "The theory and properties of Metals and Alloys" Dover Publication A. West, "Solid State Chemistry and its Application", Wiley G. Grosso, G. Pastori Parravicini, Solid State Physics, Academic Press Teacher slides shared on the Teams platform channel

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

Italiano	Didattica frontale condotta in aula mediante l'uso della lavagna e di diapositive. Gli argomenti sono trattati su base quantitativa dove risulta indispensabile lo strumento matematico. Il ricorso a mezzi audiovisivi è dedicato alla discussione di grafici, strutture geometriche, tabelle di dati e alla spiegazione delle prove di laboratorio. Quando opportuno, l'attività didattica è arricchita dall'utilizzo di campioni e materiali dimostrativi reali, che consentono agli studenti di acquisire una percezione diretta delle caratteristiche morfologiche e funzionali dei materiali trattati. L'attività didattica comprende inoltre esperienze di laboratorio finalizzate all'analisi morfologica e strutturale dei materiali, nonché all'applicazione delle conoscenze teoriche acquisite durante il corso. Durante le lezioni viene costantemente incoraggiata l'interazione con gli studenti attraverso domande, discussioni e approfondimenti sugli argomenti trattati.
English	Frontal teaching is conducted in the classroom using a blackboard and slides. Topics are covered on a quantitative basis where the mathematical tool is indispensable. The use of audiovisual media is devoted to the discussion of graphs, geometric structures, data tables and for the explanation of laboratory tests.

	When appropriate, teaching activities are enhanced by the use of real samples and demonstration materials, allowing students to gain a direct understanding of the morphological and functional characteristics of the materials being studied. The course also includes laboratory sessions focused on the morphological and structural analysis of materials, as well as the application of the theoretical knowledge acquired during the course. During lectures, interaction with students is constantly encouraged through questions, discussions, and in-depth exploration of the topics covered.
--	--

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	La frequenza del corso non è obbligatoria, ma è fortemente consigliata, al fine di favorire una piena comprensione delle correlazioni tra struttura, morfologia e composizione dei materiali trattati durante le lezioni. La partecipazione alle attività didattiche consente inoltre agli studenti di beneficiare della discussione di casi di studio, dell'analisi di risultati sperimentali e dell'osservazione diretta di campioni e materiali dimostrativi utilizzati a supporto degli argomenti trattati. Le lezioni si svolgono presso le aule del Dipartimento.
English	Attendance is not mandatory, but is strongly recommended to foster a full understanding of the relationships between the structure, morphology, and composition of the materials covered in class. Participation in the teaching activities also allows students to benefit from the discussion of case studies, the analysis of experimental results, and direct observation of samples and demonstration materials used to support the topics covered. Lectures are held in the Department's classrooms.

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 LONGO, 1 o 2 fra i seguenti esperti nel settore: SILVIA ORLANDUCCI; EMANUELA TAMBURRI; VALERIA GUGLIELMOTTI, MASSIMO TOMELLINI.

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	La verifica dell'apprendimento avviene attraverso un esame finale consistente in una prova orale. Tale prova è finalizzata ad accertare l'acquisizione delle conoscenze e delle competenze previste dagli obiettivi formativi dell'insegnamento e consiste in una discussione su tutti gli argomenti trattati nel corso, con particolare riferimento alla struttura cristallina dei materiali, alle operazioni di simmetria, ai fenomeni di diffrazione e alle principali tecniche di caratterizzazione dei materiali. Il punteggio della prova d'esame è attribuito mediante un voto espresso in trentesimi. I criteri di cui si terrà conto per la formulazione del voto saranno: livello di conoscenza degli argomenti del programma, capacità di analisi e di ragionamento critico, capacità di applicare le conoscenze acquisite all'interpretazione delle proprietà dei materiali e delle relative
----------	--

	applicazioni tecnologiche, capacità di collegamento tra i diversi argomenti trattati nel corso, proprietà di linguaggio e correttezza nell'utilizzo della terminologia tecnico-scientifica. Criteri di attribuzione del voto 18-21: lo studente ha acquisito i concetti fondamentali dell'insegnamento e possiede una conoscenza essenziale della struttura dei materiali cristallini, degli elementi di simmetria, dei reticoli cristallini e dei principi di base delle principali tecniche di caratterizzazione. Il linguaggio risulta complessivamente corretto, pur in presenza di alcune imprecisioni. 22-25: lo studente ha acquisito in maniera adeguata e approfondita i concetti fondamentali dell'insegnamento. È in grado di descrivere correttamente la struttura dei materiali cristallini, le operazioni di simmetria, i principi della diffrazione dei raggi X e le caratteristiche delle tecniche XRD, XRF e SEM. Il linguaggio è appropriato e corretto. 26-29: lo studente possiede una conoscenza completa e ben strutturata degli argomenti trattati. È in grado di applicare e rielaborare autonomamente le conoscenze acquisite, interpretando criticamente dati strutturali, morfologici e composizionali ottenuti mediante le principali tecniche di caratterizzazione dei materiali e collegandoli alle proprietà dei sistemi cristallini. 30-30 e lode: lo studente possiede una conoscenza completa, approfondita e critica degli argomenti trattati. È in grado di applicare le conoscenze a problemi complessi di cristallografia e caratterizzazione dei materiali, collegare in modo autonomo temi differenti del corso e discutere criticamente le relazioni tra struttura cristallina, simmetria e proprietà dei materiali. L'esposizione è particolarmente rigorosa, matura e caratterizzata da piena padronanza del linguaggio scientifico. È garantita equità di trattamento: i criteri valutativi non presentano discriminazioni tra studentesse/studenti frequentanti e non frequentanti.
English	Learning assessment is achieved through a final oral exam. This exam is designed to assess the acquisition of the knowledge and skills required by the course's learning objectives and consists of a discussion of all the topics covered in the course, with particular reference to the crystalline structure of materials, symmetry operations, diffraction phenomena and the main materials characterization techniques. The exam score is awarded using a grade expressed out of 30. The following criteria will be taken into account in determining the grade: level of knowledge of the syllabus topics, analytical and critical reasoning skills, ability to apply acquired knowledge to the interpretation of materials properties and their technological applications, ability to connect the various topics covered in the course, and fluency in the use of technical and scientific terminology. Grading Criteria 18-21: The student has acquired the fundamental concepts of the course and possesses an essential understanding of the structure of crystalline materials, symmetry operations, crystal lattices, and the basic principles of the main characterization techniques. The language is generally correct, despite some inaccuracies. 22-25: The student has adequately and thoroughly acquired the fundamental concepts of the course. He or she is able to correctly describe the structure of crystalline materials, symmetry operations, the principles of X-ray diffraction, and the characteristics of XRD, XRF, and SEM techniques. The language is appropriate and correct.



26-29: The student possesses a comprehensive and well-structured knowledge of the topics covered. He or she is able to independently apply and rework the acquired knowledge, critically interpreting structural, morphological, and compositional data obtained using the main materials characterization techniques and relating them to the properties of crystalline systems.

30-30 cum laude: The student possesses a comprehensive, in-depth, and critical understanding of the topics covered. They are able to apply their knowledge to complex problems in crystallography and materials characterization, independently connect different course topics, and critically discuss the relationships between crystalline structure, symmetry, and material properties. The presentation is particularly rigorous, mature, and characterized by a thorough command of scientific language.

Fair treatment is guaranteed: the evaluation criteria do not discriminate between students who attended classes and those who did not.