

Syllabus Attività Formativa

Anno Offerta	2021
Corso di Studio	IN03 - INGEGNERIA INDUSTRIALE
Regolamento Didattico	IN03-14-19
Percorso di Studio	IN03+2+ - Materiali
Insegnamento/Modulo	062IN - SCIENZA DEI MATERIALI - MATERIALS SCIENCE
Attività Formativa Integrata	-
Partizione Studenti	-
Periodo Didattico	S1 - Primo Semestre
Sede	
Anno Corso	3
Settore	ING-IND/22 - SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI
Tipo attività Formativa	B - Caratterizzante
Ambito	50297 - Ingegneria chimica
CFU	9.0
Ore Attività Frontali	72.0
AF_ID	273299

Tipo Testo	Codice Tipo Testo	Num. Max. Caratteri	Ob bl.	Testo in Italiano	Testo in Inglese
Lingua insegnament	LINGUA_INS	3800	Sì	Italiano (alcune lezioni in inglese)	Italian (some lectures are given in English)

o					
Contenuti (Dipl.Sup.)	CONTENUTI	3800	Sì	<p>I. Fondamenti. Fenomeni elettromagnetici onde e interazione radiazione-materia. Elementi di meccanica quantistica e legame chimico nei solidi. Strutture cristalline, diffrazione di Bragg.</p> <p>II. Elasticità nei solidi. Moduli elastici, vibrazioni nei solidi, proprietà termodinamiche, calore specifico. Fenomeni quantistici a bassa temperatura. II. Difetti. Classificazione, difetti di punto, teoria termodinamica e cinetica. Coefficiente di diffusione, derivazione delle leggi di Fick, esercizi, esperimenti numerici. III. Plasticità. Dislocazioni, descrizione e comportamento fenomenologico. Classificazione e energetica dei difetti di linea, meccanismi cinetici. IV. Superfici e trasformazioni di fase. Bordi di grano, tensione superficiale, teoria della nucleazione e crescita, trattamenti termici. V. Proprietà elettroniche. Struttura elettronica dei solidi, teoria delle bande di energia, onde di Bloch. L'energia di Fermi gap elettronico, proprietà ottiche. Gap engineering.</p>	<p>I. Foundations. Electromagnetic phenomena, waves and matter-radiation interaction. Elements of Quantum Mechanics, chemical bonding in solids. Crystal structures, Bragg diffraction.</p> <p>II. Elasticity. Elasticity of solids, elastic moduli, vibrations, thermodynamica properties, specific heat.</p> <p>Low-temperature quantum phenomena. III. Defects. Classification, point defects, thermodynamic and kinetic theory. Diffusion coefficient, derivation of Fick's Laws, exercises and numerical experiments.</p> <p>III. Plasticity. Dislocations, phenomenological description. Classification and energetics of linear defects, kinetic mechanisms. IV. Surfaces and phase transformations. Grain boundaries, surface tension, theory of nucleation and growth, thermal treatments.</p> <p>V. Electronic properties. Electronic structure of solids, energy band theory, Bloch orbitals. Fermi energy, electronic energy gap, optical properties. Gap engineering.</p>
Testi di riferimento	TESTI_RIF	3800	Sì	M.F.Ashby e D.R.H.Jones , "Engineering Materials I & II"	M.F.Ashby e D.R.H.Jones , "Engineering Materials I & II"

				<p>J.G.Gersten e F.W.Smith, "The Physics and Chemistry of Materials"</p> <p>J.Wulff et al., "Struttura e Proprieta' dei Materiali"</p> <p>L.H. Van Vlack, "Elements of Materials Science and Engineering"</p> <p>R.E.Reed-Hill "Physical Metallurgy Principles"</p> <p>A.Cottrell "An Introduction to Metallurgy"</p> <p>C.Kittel "Introduction to Solid State Physics"</p> <p>N.Ashcroft e D.Mermin "Solid State Physics"</p> <p>R.W.Hertzberg "Deformation and structure Mechanics of Engineering Materials"</p>	<p>J.G.Gersten e F.W.Smith, "The Physics and Chemistry of Materials"</p> <p>J.Wulff et al., "Struttura e Proprieta' dei Materiali"</p> <p>L.H. Van Vlack, "Elements of Materials Science and Engineering"</p> <p>R.E.Reed-Hill "Physical Metallurgy Principles"</p> <p>A.Cottrell "An Introduction to Metallurgy"</p> <p>C.Kittel "Introduction to Solid State Physics"</p> <p>N.Ashcroft e D.Mermin "Solid State Physics"</p> <p>R.W.Hertzberg "Deformation and structure Mechanics of Engineering Materials"</p>
Obiettivi formativi	OBIETT_FORM	3800	Sì	<p>Il corso si propone di impartire agli studenti le nozioni generali di scienza dei materiali necessarie per affrontare i successivi insegnamenti specifici per materiali polimerici, elettrici, ceramici o metallici. Queste riguardano la struttura dei materiali (atomistica ed elettronica), l'interazione radiazione materia, la termodinamica dei solidi, e il comportamento dei difetti in essi presenti. Alla fine del corso gli studenti avranno acquisito familiarità con i principi chimico-fisici che determinano la struttura (e.g., cristallina) e le proprietà (e.g., elastiche,</p>	<p>This module aims at imparting the general notions of Materials Science necessary to follow more specific courses on polymers, ceramics, or metals. These notions include the structure of solids (both atomistic and electronic), the interaction of matter with radiation, the thermodynamics of solid state phases, and the behaviour of defects in solids. The students who follow the module will acquire significant familiarity with the chemical and physical principles that determine the structure (e.g., crystalline) and the properties (e.g., related to elasticity or</p>

			<p>plastiche) dei materiali, e collegano l'una alle altre.</p> <p>In dettaglio:</p> <p>D1 - Conoscenza e capacità di comprensione Lo studente, al termine del corso, dovrà conoscere i meccanismi di base dell'elasticità e plasticità dei materiali solidi, i loro meccanismi di trasformazione di fase, il comportamento termodinamico dei loro difetti di varia dimensionalità, nonché elementi fondamentali di struttura elettronica dei solidi e di interazione radiazione-materia.</p> <p>D2 - Capacità di applicare conoscenza e comprensione Lo studente dovrà essere in grado di effettuare un'analisi del comportamento osservato di un materiale, o di predirne la risposta, al variare della composizione e dei parametri ambientali, nei suoi aspetti meccanici e termodinamici.</p> <p>D3 - Autonomia di giudizio Lo studente dovrà essere in grado di razionalizzare senza aiuto esterno, optando tra varie possibilità, il comportamento osservato di un materiale sottoposto a</p>	<p>plasticity) of materials, connecting the former with the latter. In more detail:</p> <p>D1 – Knowledge and understanding The student at the end of the course will know the basic mechanisms of elasticity and plasticity in solid materials, will be familiar with their phase transformations, the thermodynamic behaviour of their defects of all dimensionality, as well as with the fundamental elements of electronic structure of solids and radiation-matter interaction.</p> <p>D2-Applying knowledge and understanding The student will be able to carry out an analysis of the observed behaviour of a material, or to predict the material's mechanical and thermodynamical response to changes of composition and environmental parameters.</p> <p>D3-Making Judgements The student will be able to rationalise without external help, choosing among various options, the observed behaviour of a material subject to mechanical or thermal load, on the basis of the material's chemical composition and structure.</p>
--	--	--	---	---

				<p>sollecitazioni meccaniche o termiche, a partire dalla sua struttura chimico-fisica.</p> <p>D4 - Abilità comunicative Lo studente dovrà essere in grado di spiegare come la struttura di un materiale ne determina le proprietà, usando con proprietà il linguaggio tecnico necessario per questo.</p> <p>D5 - Capacità di apprendimento Lo studente dovrà essere in grado di leggere e interpretare correttamente il contenuto manuali tecnici di scienza dei materiali, ed orientarsi con efficacia nel vasto materiale a disposizione (e.g., disponibile online) in questo campo, per chiarire rapidamente eventuali dubbi o approfondire se lo desidera tematiche piu' specializzate di suo interesse.</p>	<p>D4-Communication skills The student will be able to to explain how the structure of a material determines its properties, correctly using for this the appropriate relevant technical language.</p> <p>D5- Lifelong learning skills The student will be able to read and correctly interpret the content of materials science technical manuals, and retrieve information efficiently from the large amount of existing data (e.g., available online) in this field, to quickly clarify any doubt, or to investigate if desired any more specialised issue of interest.</p>
Prerequisiti	PREREQ	3800	Sì	Nozioni di base dai corsi di chimica e fisica	Basic knowledge of physics and chemistry
Metodi didattici	METODI_DID	3800	Sì	Lezione frontale (lavagna, tablet e Powerpoint).	Classroom lectures (blackboard, tablet and powerpoint).
Altre informazioni	ALTRO	3800	Sì		
Modalità di verifica dell'apprendi	MOD_VER_AP PR	3800	Sì	Colloquio orale. Il colloquio dura circa 30-40 minuti, e consiste	Oral examination. The examination lasts about 30-40 minutes,

mento				<p>di una discussione di vari e differenti argomenti trattati durante il corso. La capacità di ragionare sui meccanismi e fenomeni discussi è particolarmente incoraggiata, per incoraggiare un lavoro di preparazione non basato esclusivamente sulla memorizzazione di nozioni. Gli studenti sono al corrente delle modalità di esame e possono liberamente assistere ai colloqui d'esame di altri studenti, per familiarizzarsi con la procedura.</p> <p>Eventuali cambiamenti alle modalità qui descritte, che si rendessero necessari per garantire l'applicazione dei protocolli di sicurezza legati all'emergenza COVID19, saranno comunicati nel sito web di Dipartimento, del Corso di Studio e dell'insegnamento</p>	<p>and consists of a discussion of various, different syllabus entries covered during the lectures. The ability to think and elaborate on the phenoma and mechanisms discussed is particularly encouraged, to promote a revision work not exclusively based on memorising notions. The students are made fully aware of how the examination works, and can freely assist to the oral examination of fellow students, to familiarise themselves with the procedure.</p> <p>Any changes to the formats described here, should they become necessary to ensure the application of the safety protocols related to the COVID19 emergency, will be communicated on the websites of the Department, of the Course of Study Program and of the individual course.</p>
Programma esteso	PROGR_EST	3800	Sì	<p>I. Fondamenti. Elementi di Elettromagnetismo, equazioni di Maxwell, equazione delle onde e formalismo complesso. Polarizzazione dei materiali e materiali dielettrici, mezzi dispersivi e indice di rifrazione. Interazione di materiali con luce polarizzata. Il legame chimico nei solidi, teoria covalente LCAO, legame di van der Waals,</p>	<p>I. Foundations. Foundations of Electromagnetism, Maxwell equations, wave equations and complex formalism. Electric polarisation of materials, dielectrics, dispersive media and refraction index. Materials interaction with polarised light. The chemical bond in solids, LCAO theory of covalent bond, van der Waals bonding, ionic</p>

			<p>legame ionico, costanti di Madelung, legame idrogeno. Reticoli diretti e reciproci, gruppi di simmetria, reticoli di Bravais, diffrazione.</p> <p>II Elasticità, vibrazioni e calore. L'elasticità nei solidi. Matrice dei moduli elastici, moduli notevoli, e loro relazioni. Onde elastiche nei solidi, velocità del suono. Teoria atomistica delle vibrazioni, dispersione fononica, limite acustico e ottico. Densità di stati vibrazionali. Calore, entropia, entalpia, energia libera, calore specifico in isolanti e metalli a basse temperature, distribuzioni statistiche, insieme canonico.</p> <p>III. Difetti. Classificazione e difetti di punto, esempi. Energia libera dei difetti, potenziale chimico, costanti di reazione. Barriere diffusionali, teoria stocastica della diffusione, limite centrale, formula integrale per l'evoluzione di una popolazione di difetti, derivazione delle leggi di Fick, carburizzazione, determinazione sperimentale dei diagrammi di fase. Esempi numerici.</p> <p>III. Proprietà meccaniche, plasticità. Dislocazioni, descrizione e comportamento fenomenologico. Chiralità e proprietà</p>	<p>bonding, Madelung constants, hydrogen bonding. Direct and reciprocal lattices, symmetry groups, Bravais lattices, diffraction phenomena.</p> <p>II Elasticity, vibrations, and heat. Elasticity in solids, the elastic moduli matrix, notable moduli and their relations. Elastic waves in solids, speed of sound. Atomistic theory of vibrations, phonon dispersion, acoustic and optical limit. Density of vibrational states. Heat, entropy, enthalpy, free energy, specific heat in insulators and conductors at low temperature. Statistical distributions, the canonical ensemble.</p> <p>III. Defects. Classification of point defects, examples, defects free energy. Chemical potential and reaction constants. Diffusion barriers, stochastic theory of diffusion, central limit, integral formulation of For the evolution of a defect distribution. Derivation of Fick's laws, carburisation, experimental determination of phase diagrams. Numerical examples.</p> <p>III. Plasticity.</p>
--	--	--	---	--

			<p>topologiche. Energetica dei difetti di linea, tensione critica, dinamica delle dislocazioni, meccanismi cinetici.</p> <p>Interazione tra dislocazioni, sorgenti di Frank Read, dislocazioni parziali, meccanismo di Lomer Cottrell. Esempi.</p> <p>IV Superfici e trasformazioni di fase. Bordi di grano, energia superficiale, tensione al punto triplo, segregazione, bagnatura, pressione e Ostwald ripening, diagramma TTT per il ferro, calore intrinseco, esempi, materiali a ritardo di fiamma, nucleazione omogenea e eterogenea, trattamenti termici, profilo temporale del limite di snervamento.</p> <p>V. Proprietà elettroniche. Struttura elettronica dei solidi, teoria delle bande di energia. Comportamento ondulatorio degli elettroni, onde di Bloch. L'energia di Fermi, risposta ai campi elettrici. Massa efficace degli elettroni, Materiali isolanti e semiconduttori. Gap elettronico diretto e indiretto, proprietà ottiche. Stati elettronici eccitati, buche gap engineering.</p>	<p>Dislocations, general features and phenomenologic behaviour. Dislocation chirality and topological properties. Energetic of line defects, critical tension, dislocation dynamics, kinetic mechanisms.</p> <p>Interaction between dislocations, Frank Read sources, partial dislocations, Lomer Cottrell mechanism, examples.</p> <p>IV Surfaces and phase transformations. Grain boundaries, surface energy, tension at the triple point, segregation, wetting, pressure and Ostwald ripening. TTT diagram of iron, heat of phase change, examples, flame retardant materials, homogeneous and heterogeneous nucleation, thermal treatments, time dependence of the yield strength.</p> <p>V. Electronic properties. Electronic structure of solids. Energy band theory, wave behaviour of electrons, Bloch orbitals.</p> <p>The Fermi energy and the response to electric fields. Effective mass of electrons. Insulators and semiconductors. Direct and indirect electronic gap, optical properties. Excited states, electron holes, gap engineering.</p>
--	--	--	--	--

