

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Materials Science

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	FISICA (LM-17)
Codice	8066446-8068918	Canale	Unico
CFU	8	Lingua	Inglese

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Luca Camilli (3 CFU di lezioni teoriche + 2 CFU di laboratorio)

CODOCENTE

Tommaso Giovannini (3CFU)

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI: Il corso di studio è volto a fornire una preparazione avanzata di Fisica, con conoscenze di argomenti specialistici della recente ricerca in Fisica, in particolare in Fisica della Materia e Scienza dei Materiali. Gli obiettivi formativi prevedono la conoscenza avanzata della fisica quantistica, dei metodi matematici della fisica e di alcune tematiche della struttura della materia. Capacità di risolvere problemi generali di fisica. Obiettivo formativo specifico dei singoli curricula sarà l'approfondimento di argomenti nel settore di specializzazione prescelto, tramite esami fondamentali per ciascun curriculum ed esami complementari da scegliere da liste. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE: Gli studenti devono avere una approfondita comprensione delle più importanti teorie della fisica moderna di Scienza dei Materiali e delle relative problematiche sperimentali. Devono inoltre avere una buona conoscenza dello stato dell'arte in almeno una delle specializzazioni attualmente presenti in fisica. La verifica delle conoscenze e capacità di comprensione viene fatta tramite prove pratiche, eseguite nei laboratori di ricerca del Dipartimento di Fisica e di Chimica dell'Università di Tor Vergata, scritte ed orali. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRENSIONE: Gli studenti devono essere in grado di identificare gli elementi essenziali di un problema fisico anche complesso e saperlo modellizzare, effettuando le approssimazioni necessarie. Devono essere in grado di adattare modelli esistenti a dati sperimentali nuovi.
----------	---

	AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Gli studenti devono essere in grado di effettuare autonomamente esperimenti, calcoli oppure simulazioni numeriche. Sviluppare la capacità di eseguire ricerche bibliografiche e di selezionare i materiali interessanti, in particolare sul WEB. Devono essere in grado di assumersi le responsabilità sia della programmazione di progetti che della gestione di strutture. Avere raggiunto un adeguato livello di consapevolezza etico nella ricerca e nell'ambito delle attività professionali. Tali capacità sono acquisite durante lo studio per la preparazione degli esami, approfondendo alcuni argomenti specifici anche con la consultazione di articoli su riviste. ABILITÀ COMUNICATIVE: Gli studenti devono essere in grado di lavorare in un gruppo interdisciplinare. Essere in grado di presentare la propria ricerca o i risultati di una ricerca bibliografica ad un pubblico sia di specialisti che non. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Gli studenti devono essere in grado di affrontare nuovi campi attraverso uno studio autonomo. Devono acquisire la capacità di proseguire gli studi in un dottorato di ricerca o altre scuole di specializzazione.
English	<i>Important theories of modern physics in Material Science and related experimental problems. They must also have a good knowledge of the state of the art in at least one of the specialties currently present in physics. The verification of knowledge and understanding is done through practical tests, performed in the research laboratories of the Department of Physics and Chemistry of the University of Tor Vergata, written and oral.</i> MAKING JUDGEMENTS: <i>Students must be able to identify the essential elements of a complex physical problem and know how to model them, making the necessary approximations.</i> <i>They must be able to adapt existing models to new experimental data.</i> AUTONOMY OF JUDGMENT: <i>Students must be able to independently perform experiments, calculations or numerical simulations. Develop the ability to perform bibliographic searches and to select interesting materials, in particular on the WEB. They must be able to take responsibility for both project planning and facility management. Having achieved an adequate level of ethical awareness in research and in professional activities. These skills are acquired during the study for the preparation of the exams, deepening some specific topics also with the consultation of articles in journals.</i> COMMUNICATION SKILLS:

	<i>Students must be able to work in an interdisciplinary group. Being able to present their research or the results of a bibliographic search to an audience of both specialists and laymen.</i> LEARNING SKILLS: <i>Students must be able to tackle new fields through independent study. They must acquire the ability to continue their studies in a research doctorate or other graduate schools.</i>
--	---

PREREQUISITI

Italiano	Conoscenze delle materie fondamentali delle lauree triennali in Chimica e Fisica, in particolare di Fisica, Matematica, Chimica Generale e Chimica-Fisica.
<i>English</i>	<i>Knowledge of Physics, Mathematics (Calculus), General Chemistry and Physical Chemistry. The requested knowledge is at the level of 3-year university degrees in Chemistry and Physics.</i>

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Il programma del corso comprende: - Prima parte del corso: Le più importanti classi di materiali; Il ciclo di materiali. Forze di coesione, condensazione dei materiali. Lo stato cristallino, vetroso e altri stati di aggregazione. Diffrazione dei raggi X, la legge di Bragg e indici di Miller. Difetti, e bordi grano. La struttura molecolare dei polimeri organici e loro configurazione spaziale. Diagramma di fase di composti misti. Leghe metalliche, leghe ceramiche, copolimeri. Microscopia a forza atomica. Proprietà meccaniche, resistenza dei materiali, lo stress e la tensione di deformazione di energia e gli effetti anelastici. La deformazione plastica dei materiali a basse temperature: piano di stress e di sbandamento. Deformazione ad alta temperatura, viscoelasticità ad alta temperatura : polimeri. Proprietà termiche dei cristalli; proprietà elettriche dei cristalli dal modello di Drude ai modelli dell'elettrone libero e dell'elettrone quasi-libero - Seconda parte del corso: Metodi teorici e computazionali per la struttura elettronica di sistemi polielettronici: Hartree-Fock, Configuration Interaction, Coupled Cluster, teoria del funzionale della densità (DFT). Interazioni non covalenti. Sistemi polielettronici in fase condensata: i metodi multiscala, i metodi quantomeccanici/classici. Esperienze di laboratorio: Diffrazione a raggi X (XRD); Microscopia a forza atomica (AFM); Assorbimento ottico e UV di diversi solidi o soluzioni.
<i>English</i>	<i>The course program includes:</i>

	<i>First part of the course - The most important classes of materials. The material cycle. Cohesion forces, condensation of materials. The crystalline, glassy state and other states of aggregation.</i> <i>X-ray diffraction, Bragg's law and Miller's indices. Scanning The molecular structure of organic polymers and their spatial configuration. Phase diagram of mixed compounds. Metal alloys, ceramic alloys, copolymers. Mechanical properties, material strength, stress and strain energy strain and inelastic effects. The plastic deformation of materials at low temperatures: stress and heeling plan. High temperature deformation. Thermal properties of crystals; electronic properties of crystals, from Drude model to quasi-free electron model;</i> <i>Second part of the course: Theoretical and computational methods for the electronic structure of many-electron systems: Hartree–Fock, Configuration Interaction, Coupled Cluster, and Density Functional Theory (DFT). Non-covalent interactions. Many-electron systems in condensed phases: multiscale methods and quantum mechanical/classical methods.</i> LABORATORY <i>X-ray diffraction (XRD); Atomic force microscopy (AFM); Vis-UV absorption of solids or solutions</i>
--	---

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	W.E.Callister Jr. "Materials Science and Engineering: An Introduction", John Wiley and Sons, New York ISBN 0471- 58128 -3 P. Hoffmann "Solid State Physics: An Introduction" ISBN: 978-3-527-41410-9, Wiley-VCH Berlin. A. West "Solid state chemistry and its applications. Wiley. ISBN: 978-1-119-94294-8". R. McWeeny "Methods of Molecular Quantum Mechanics", Academic Press ISBN: 0-12-486552-6 Pb F. Jensen "Introduction to Computational Chemistry" ISBN: 978-1118825990 Inoltre saranno forniti agli studenti tutta una serie di siti web e youtube, su argomenti di Scienza dei Materiali, dove potranno approfondire le diverse tematiche affrontate durante il corso e le tecniche sperimentali di caratterizzazione che il testo adottato necessariamente non riporta con il dovuto approfondimento. Saranno forniti agli studenti alcuni articoli di
-----------------	---

	Scienza dei Materiali, pubblicati su riviste internazionali, per abituarli al linguaggio scientifico e per illustrare la maniera in cui una ricerca del settore deve essere divulgata.
<i>English</i>	W.E.Callister Jr. "Materials Science and Engineering: An Introduction", John Wiley and Sons, New York ISBN 0471- 58128 -3 P. Hoffmann "Solid State Physics: An Introduction" ISBN: 978-3-527-41410-9, Wiley-VCH Berlin. A. West "Solid state chemistry and its applications." Wiley. ISBN: 978-1-119-94294-8". R. McWeeny "Methods of Molecular Quantum Mechanics", Academic Press ISBN: 0-12-486552-6 Pb F. Jensen "Introduction to Computational Chemistry" ISBN: 978-1118825990 Furthermore, the students will be provided with a series of websites and youtube, on topics of Materials Science, where they will be able to deepen the different themes dealt with during the course and the experimental characterization techniques that the text adopted does not necessarily report with the due depth. Students will be provided with some articles on Material Science, published in international journals, to get them used to the scientific language and to illustrate the way in which a research of the sector must be disclosed.

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

Italiano	Il corso ha una doppia modalità: teorica e sperimentale. La prima servirà per mettere in evidenza i costituenti fondamentali dei vari materiali e la loro catalogazione secondo criteri scientifici e riproducibili. Saranno introdotti concetti di base come la durezza e la plasticità di un materiale e le misure che lo caratterizzano (diagramma sforzo-elongazione). Saranno introdotti i concetti di fisica atomica e quantistica che sono alla base delle proprietà dei diversi materiali. Semplici modelli matematici saranno affiancati per una descrizione quantitativa dei fenomeni osservati. Saranno introdotti i principali metodi teorici/computazionali per descrivere sistemi polielettronici, anche in fase condensata, con una particolare attenzione ai modelli fisico-matematici misti quantistici/classici. La seconda modalità prevede l'esperienza diretta eseguita nei laboratori di ricerca del Dipartimento di Fisica e di Chimica dell'Università di Tor Vergata dove gli studenti avranno a disposizione una serie di strumenti per eseguire le esperienze previste dal programma sopra elencato. L'obiettivo è quello di
-----------------	--

	generare negli studenti la curiosità di conoscere i meccanismi di formazione e di utilizzo dei materiali di uso corrente e di sviluppare un nuovo materiale del futuro.
English	<i>The course has a dual modality: theoretical and experimental. The first will serve to highlight the fundamental constituents of the various materials and their listing according to scientific and reproducible criteria. Basic concepts will be introduced such as the hardness and plasticity of a material and the measures that characterize it (stress-elongation diagram). The concepts of atomic and quantum physics that are the basis of the properties of different materials will be introduced. Simple mathematical models will be placed side by side for a quantitative description of the observed phenomena. The main theoretical and computational methods for describing many-electron systems, including condensed-phase systems, will be introduced, with particular emphasis on hybrid quantum/classical physico-mathematical models.</i> <i>The second modality consists of the direct experience carried out in the laboratories of the Department of Physics and Chemistry of the University of Tor Vergata where students will have at their disposal a series of tools to perform the experiences provided by the program listed above. The goal is to generate in students the curiosity to learn about the mechanisms of formation and use of materials in current use and to develop a new material of the future.</i>

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☐ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	Le esperienze laboratoriali sono obbligatorie
English	<i>Lab experiences are mandatory</i>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

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

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Luca Camilli, Tommaso Giovannini

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni. 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio sufficienti.
----------	--

	21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente. 24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso. 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio. 30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale.
English	<i>The examination will be evaluated according to the following criteria:</i> <i>Ineligible: imajor deficiencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations.</i> <i>18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient.</i> <i>21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning.</i> <i>24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments.</i> <i>27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment.</i> <i>30-30L: Excellent level of knowledge and understanding of topics. Remarkable ability of analysis and synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way</i>