

NANOSCIENZE

NANOSCIENCE

A.A.	2025-2026	CdS	CHIMICA MAGISTRALE
Codice	8065841	Canale	unico
CFU	6	Lingua	Italiana

DOCENTE RESPONSABILE

MARIANO VENANZI

CODOCENTE

MANUELA SCARSELLI

Modulo: Fisica dei sistemi a bassa dimensione / □ The physics of low dimensional materials

OBIETTIVI FORMATIVI

Italiano	<p>Il corso si pone come obiettivo la comprensione da parte dello studente dei principali concetti chimici e fisici alla base dello studio dei sistemi di dimensioni nanometriche. Saranno illustrate le principali tecniche sperimentali di indagine dei materiali nano strutturati. Inoltre il corso intende fornire allo studente gli strumenti necessari per applicare i concetti acquisiti alla comprensione del funzionamento di molti dei dispositivi attuali realizzati con materiali nanometrici.</p> <p>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE: gli argomenti affrontati nel corso mirano a far sviluppare allo studente capacità di apprendimento e di elaborazione dei concetti utili per gli studi successivi.</p> <p>CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE: ci si aspetta che lo studente alla fine del corso sia in grado di elaborare i concetti appresi, sia capace di fare un lavoro di sintesi degli stessi e sia in grado di applicarli allo studio di altri sistemi nanometrici.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO: lo studente dovrà essere in grado di giudicare il proprio grado di conoscenza dei concetti proposti dal corso, sviluppare tali concetti ed effettuare, se necessario, una ricerca bibliografica per approfondire gli argomenti proposti durante il corso o proporre di nuovi.</p> <p>ABILITÀ COMUNICATIVE: ci si aspetta che a fine corso siano maturate competenze adeguate per comunicare ed illustrare con proprietà di linguaggio, argomentazioni e se necessario risolvere problemi di calcolo.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: abbiano dimostrato capacità di comprensione in un campo di studi di livello avanzato e siano in grado di consultare ed apprendere concetti da articoli pubblicati su riviste internazionali nonché libri di testo redatti in lingua italiana o inglese.</p>
<i>Inglese</i>	<p>LEARNING OUTCOMES: <i>The course introduces students to the fundamental physico-chemical concepts necessary to understand the unique behaviour of nanometric systems. The course will illustrate the phenomena that occur at the nanometric scale and enable students to acquire a basic understanding of the methods and techniques available for producing and processing</i></p>



	<p><i>nanostructures and nanomaterials. Potential applications of nanotechnology and nanoscience.</i></p> <p><i>KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING SKILLS: the topics addressed in the course aim to develop the student's ability to learn and elaborate concepts useful for subsequent studies.</i></p> <p><i>APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: at the end of the course the student is expected to be able to elaborate the concepts learned, do a synthesis job of the same and apply them to the study of other nano systems.</i></p> <p><i>MAKING JUDGEMENTS: the student must be able to judge his / her level of knowledge of the concepts proposed by the course, develop these concepts and carry out, if necessary, a bibliographic search to deepen the topics proposed during the course or propose new ones.</i></p> <p><i>COMMUNICATION SKILLS: it is expected that at the end of the course adequate skills will be developed to communicate and illustrate with language properties, arguments and if necessary solve calculation problems.</i></p> <p><i>LEARNING SKILLS: student will be able to demonstrate ability in understanding advanced education level topics and to consult and learn concepts from articles published in international journals and textbooks written in Italian or English.</i></p>
--	--

PREREQUISITI

Italiano	Calcolo integrale e differenziale, proprietà meccaniche ed elettromagnetiche dei sistemi classici, proprietà quantistiche di atomi e molecole. Principi di meccanica statistica.
Inglese	<i>Integral and differential calculus. mechanical and electromagnetic properties of classical systems, Quantum properties of atoms and molecules. Fundamentals of statistical mechanics.</i>

PROGRAMMA

Italiano	<p>Introduzione al corso. (2h) Elementi di meccanica quantistica e di meccanica statistica applicati a sistemi nanometrici. (10h) Chimica delle nanostrutture: approccio bottom-up e self-assembly. Chimica supramolecolare. (6h) Processi di trasferimento di carica. Elettronica molecolare. (6h)</p> <p>Metalli e semiconduttori. Modello di Drude. Teorema di Bloch e semiconduttori. (4h) Modello di Kronig-Penney. Drogaggio dei semiconduttori. (2h) Cenni sui principi di funzionamento di alcuni dispositivi a semiconduttore: led, transistori bipolari e ad effetto campo. (4h) Tecniche sperimentali per lo studio dei sistemi nanometrici (cenni): Microscopia elettronica SEM/TEM. Spettroscopia a raggi X e ad elettroni. (4h)</p> <p>Principi della microscopia ad effetto tunnel (STM) ed a scansione di forza (AFM). (2h)</p> <p>Nuovi materiali del carbonio (nanotubi e grafene). Caratteristiche fisiche, proprietà elettroniche, metodi di sintesi, alcune applicazioni. (2h)</p> <p>Nuovi materiali 2D: sintesi, proprietà ed applicazioni. (6h)</p> <p>Lezioni in laboratorio: durante il corso verranno effettuate delle lezioni in laboratorio dove verranno eseguiti esperimenti di microscopia STM e spettroscopia XPS a completamento delle lezioni di teoria.</p>
Inglese	<i>Introduction. (2h) Basic concepts of quantum mechanics and statistical mechanics of nanometric systems. (10h) Chemistry of nanostructures: bottom-up approach and self-assembly. Supramolecular chemistry. (6h) Charge-transfer processes. Molecular electronics. (6h)</i>

	<p><i>Metals and semiconductors. Drude model. Bloch's theorem and semiconductors. (4h) Kronig-Penney model. Doping of semiconductors. (2h) Notes on the operating principles of some semiconductor devices: LEDs, bipolar and field effect transistors. (4h) Experimental techniques for the study of nanometric systems (outlines): SEM/TEM electron microscopy. X-ray and electron spectroscopy.(4h)</i></p> <p><i>Principles of tunneling effect microscopy (STM) and scanning force microscopy (AFM). (2h)</i></p> <p><i>New carbon materials (nanotubes and graphene). Physical characteristics, electronic properties, synthesis methods, some applications. (2h)</i></p> <p><i>New 2D materials: synthesis, properties and applications.(6h)</i></p> <p><i>Laboratory lessons: during the course, laboratory lessons will be held where STM microscopy and XPS spectroscopy experiments will be performed to complete the theory lessons.</i></p>
--	--

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA

Italiano	<p>S. Lindsay, "Introduction to Nanoscience" Oxford University Press, USA, 2009</p> <p>Bibliografia di riferimento: R. Einsberg, R. Resnick, "Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei & Particles", ed. Wiley B.H. Bransden, C. J. Joachain, "Physics of atoms and molecules", ed. Longman C. Kittel, "Introduction to solid state physics", ed. Boringhieri N. W. Ascroft, N. D. Mermin, "Solid State Physics", ed. Saunders College Publishers S.M. Sze, 'Physics of semiconductor devices', ed. Wiley Oltre ad una serie di articoli pubblicati su riviste internazionali su argomenti specifici</p>
<i>Inglese</i>	<p><i>S. Lindsay, "Introduction to Nanoscience" Oxford University Press, USA, 2009</i></p> <p><i>Lessons' files are made available on the university website.</i></p> <p><i>Reference Bibliography:</i> <i>R. Einsberg, R. Resnick, "Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei & Particles", ed. Wiley</i> <i>B.H. Bransden, C. J. Joachain, "Physics of atoms and molecules", ed. Longman</i> <i>C. Kittel, "Introduction to solid state physics", ed. Boringhieri</i> <i>N. W. Ascroft, N. D. Mermin, "Solid State Physics", ed. Saunders College Publishers</i> <i>S.M. Sze, 'Physics of semiconductor devices', ed. Wiley</i> <i>Articles on specific subjects from international journals.</i></p>

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO

Italiano	<p>Il modello didattico adottato per il raggiungimento degli obiettivi formativi è una combinazione di: lezioni frontali, utilizzo di videoproiezioni, apprendimento auto-diretto e lezioni dirette in laboratorio dove verranno illustrate alcune delle tecniche sperimentali svolte durante le lezioni teoriche.</p> <p>Le lezioni frontali vengono svolte con videoproiezioni e alla lavagna.</p>
<i>Inglese</i>	<p><i>The didactic model adopted to achieve the educational objectives is a combination of: lectures, use of video projections, self-directed learning and direct lessons in the laboratory where some of the experimental techniques performed during the theoretical lessons will be illustrated.</i></p> <p><i>Lectures are conducted with video projections and sometimes on the blackboard.</i></p>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

Prova orale

Italiano	<p>MODALITÀ DI VALUTAZIONE: Prova orale. Modalità durata: massimo 1 ora. Tipologia: se ritenuto necessario dal Docente lo studente può presentare una tesina di approfondimento su un argomento del corso. Si prosegue poi con alcune domande su argomenti svolti durante il corso. Obiettivo: mira ad accertare il grado di conoscenza, padronanza dei concetti fondamentali e della capacità di elaborare ed approfondire un argomento. Votazione finale espressa in trentesimi. Voto: 18-21. Lo studente ha acquisito solo i concetti di base della disciplina e li espone con un linguaggio sufficiente. Voto: 22-25. Lo studente ha acquisito i concetti della disciplina, ed è abbastanza in grado di approfondirli. E' inoltre in grado di correlare in modo autonomo argomenti di fisica e chimica trattati durante il corso. Il linguaggio è appropriato e corretto. Voto: 26-29. Lo studente ha raggiunto una buona preparazione e possiede un bagaglio di conoscenze completo e ben strutturato. È in grado di applicare e rielaborare in maniera autonoma, senza alcun errore, le conoscenze acquisite. Evidenzia ricchezza di riferimenti e capacità logico-analitiche con un linguaggio fluido, appropriato e vario. Voto: 30 e 30 e lode. Lo studente possiede un bagaglio di conoscenze completo e approfondito. E' in grado di sviluppare le conoscenze acquisite ed applicarle a problemi complessi ed estenderle a situazioni nuove. I riferimenti culturali sono ricchi e aggiornati. Si esprime con brillantezza e perfetta proprietà di linguaggio.</p>
Inglese	<p><i>Oral exam.</i> <i>Duration mode: maximum 1 hour.</i> <i>Type: if deemed necessary by the teacher, the student can present a thesis on a topic of the course. The examination will continue with some questions on topics covered during the course.</i> <i>Objective: aims to ascertain the degree of knowledge, mastery of the fundamental concepts and the ability to elaborate and deepen a topic.</i> <i>Final vote expressed out of thirty.</i> <i>Rating: 18-21. The student has acquired only the basic concepts of the discipline and exposes them with sufficient language.</i> <i>Rating: 22-25. The student has acquired the concepts of the discipline, and is quite capable of deepening them. He is also able to independently correlate physics and chemistry topics covered during the course. The language is appropriate and correct.</i> <i>Rating: 26-29. The student has achieved a good preparation and has a complete and well-structured knowledge base. He is able to independently apply and re-elaborate the acquired knowledge without any errors. He highlights a wealth of references and logical-analytical skills with a fluid, appropriate and varied language.</i> <i>Mark: 30 and 30 with honors. The student has a complete and in-depth knowledge base. He is able to develop the acquired knowledge and apply it to complex problems and extend it to new situations. The cultural references are rich and up-to-date. It expresses itself with brilliance and perfect language properties.</i></p>

MODALITÀ DI FREQUENZA

Frequenza facoltativa

Italiano	<p>La frequenza al corso è libera ma certamente vista l'importanza del corso e dei contenuti gli studenti sono fortemente incoraggiati a frequentare le lezioni.</p>
Inglese	<p><i>Course attendance is free but certainly given the importance of the course and the related content, students are strongly encouraged to attend classes.</i></p>

