

Nanostrutture e Materiali Molecolari per l'Elettronica e l'Optoelettronica con Laboratorio

Nanostructures and Molecular Materials for Electronics and Optoelectronics with Laboratory

A.A.	Erogato nel 2025/2026	CdS	CHIMICA
Codice	8067853	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	ITALIANO

DOCENTE RESPONSABILE

EMANUELA TAMBURRI

CODOCENTE

Silvia Battistoni

Modulo: Laboratorio / Laboratory

OBIETTIVI FORMATIVI

Italiano	<p>OBIETTIVI FORMATIVI: L'obiettivo principale del corso è quello di approfondire i concetti della chimica dei materiali organici coniugati per una comprensione critica delle loro proprietà e funzionalità nel campo di applicazione dell'elettronica molecolare. A tal fine si richiede:</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'acquisizione della conoscenza della struttura molecolare di materiali organici coniugati e della correlazione tra struttura chimica, reattività, proprietà ottiche e di trasporto di carica di tali sistemi; - L'acquisizione della conoscenza delle strategie di caratterizzazione nonché di sintesi e preparazione di materiali organici coniugati in vista del loro trasferimento tecnologico in dispositivi elettronici ed optoelettronici di largo consumo e a basso impatto ambientale. <p>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE: Si richiede di:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conoscere le correlazioni tra struttura chimica e struttura elettronica dei materiali organici coniugati e comprendere la loro connessione con le loro proprietà in termini di foto- ed elettro-attività; - Conoscere la reattività chimica dei materiali organici coniugati e comprenderne le relative opportune metodologie di preparazione e caratterizzazione. <p>CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE: Si richiede di saper utilizzare le conoscenze teoriche e pratiche acquisite sui materiali organici coniugati per modellizzare, preparare e caratterizzare materiali molecolari innovativi sia alla micro- che alla nano-scala.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Si richiede di:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Individuare le strategie di lavorazione in termini di progettazione, caratterizzazione, preparazione e trattamento di materiali molecolari in funzione del contesto di studio e applicazione; - Valutare criticamente gli approcci metodologici suggeriti dalla letteratura per sviluppare un protocollo di processing del materiale molecolare adeguato alla soluzione della problematica in studio;
-----------------	--



	<p>- Valutare la consistenza logica della metodologia proposta, sia in ambito teorico sia nell'analisi di dati sperimentali;</p> <p>- Saper riconoscere eventuali errori tramite un'analisi critica del metodo applicato.</p> <p>ABILITÀ COMUNICATIVE: Si richiede di saper:</p> <ul style="list-style-type: none">- Comunicare le conoscenze apprese nell'ambito dei materiali molecolari e le caratteristiche delle loro applicazioni utilizzando una terminologia appropriata;- Interagire con esperti nell'ambito della chimica, fisica ed ingegneria ed interpretare e complementare le differenti visioni delle varie discipline. <p>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Si chiede di maturare una capacità di apprendimento delle tematiche affrontate durante il corso, sia mediante la consultazione di libri e pubblicazioni scientifiche, che di banche dati e altre informazioni in rete, che sarà necessaria sia per intraprendere studi successivi con un approccio critico ed alto grado di autonomia, che per inserirsi prontamente in ambienti culturali e di lavoro multidisciplinari.</p>
Inglese	<p>LEARNING OUTCOMES: <i>The main objective of the course is to deepen the concepts of conjugated organic materials chemistry for a critical understanding of their properties and functionalities in the field of molecular electronics. To achieve this goal, the following are required:</i></p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Acquiring knowledge of the molecular structure of conjugated organic materials and understanding the correlation between chemical structure, reactivity, optical properties, and charge transport of such systems;</i>- <i>Acquiring knowledge of characterization strategies as well as synthesis and preparation of conjugated organic materials with a view to their technological transfer into electronic and optoelectronic devices that are widely used and environmentally friendly.</i> <p>KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>Students are required to:</i></p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Understand the correlations between chemical structure and electronic structure of conjugated organic materials and comprehend their connection with their properties in terms of photo- and electro-activity;</i>- <i>Understand the chemical reactivity of conjugated organic materials and grasp the appropriate methodologies for their preparation and characterization.</i> <p>APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>Students are required to apply the theoretical and practical knowledge acquired on conjugated organic materials to model, prepare, and characterize innovative molecular materials at both micro- and nano-scales.</i></p> <p>MAKING JUDGEMENTS: <i>Students are required to:</i></p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Identify processing strategies in terms of design, characterization, preparation, and treatment of molecular materials according to the study and application context;</i>- <i>Critically evaluate methodological approaches suggested in the literature to develop a material processing protocol suitable for solving the problem under study;</i>- <i>Evaluate the logical consistency of the proposed methodology, both theoretically and in the analysis of experimental data;</i>- <i>Recognize any errors through a critical analysis of the applied method.</i> <p>COMMUNICATION SKILLS: <i>Students are required to:</i></p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Communicate the knowledge acquired in the field of molecular materials and the characteristics of their applications using appropriate terminology;</i>

	<p>- <i>Interact with experts in the fields of chemistry, physics, and engineering and interpret and complement the different perspectives of various disciplines.</i></p> <p>LEARNING SKILLS: <i>Students are required to develop the ability to learn about the topics covered in the course, both through consulting books and scientific publications, as well as databases and other information available online.</i></p> <p><i>This capability will be necessary both for pursuing further studies with a critical approach and a high degree of autonomy, and for promptly integrating into multidisciplinary cultural and work environments.</i></p>
--	--

PREREQUISITI

Italiano	Si chiede di aver acquisito le conoscenze e competenze relative agli insegnamenti di Chimica Generale, Chimica Inorganica, Chimica Organica, Chimica Fisica, Fisica I e II.
Inglese	<i>It is required to have acquired knowledge and skills related to the courses of General Chemistry, Inorganic Chemistry, Organic Chemistry, Physical Chemistry, Physics I and II.</i>

PROGRAMMA

Italiano	<p>La prima parte (14 ore) è dedicata a richiami di nozioni di base di chimica generale ed organica in riferimento alla chimica del carbonio in composti organici e sistemi coniugati. Analisi molecolare mediante tecniche spettroscopiche di materiali organici coniugati. Nozioni base di spettroscopia di risonanza di spin elettronico. Approfondimento dei complessi con leganti p donatori ed a trasferimento di carica in relazione alla formazione del legame chimico e alle proprietà ottiche e magnetiche.</p> <p>La seconda parte (22 ore) è dedicata all'esame di concetti generali e di contesto relativi alle seguenti tematiche: Differenze tra semiconduttori organici e inorganici. Portatori di carica e meccanismi di trasporto di carica di solidi molecolari a base di "small molecules" e polimeri conduttori: modello a bande, modello a hopping e modello MTR. Mobilità nei semiconduttori organici: effetto della morfologia e della temperatura. Esempi di materiali organici usati nell'elettronica molecolare. Metodologie di sintesi, deposizione, caratterizzazione e processing di materiali molecolari per dispositivi elettronici ed optoelettronici. Proprietà funzionali dei materiali costituenti OLED, OTFT e celle solari. Nozioni di base di sistemi utilizzati per dispositivi a scala molecolare.</p> <p>L'ultima parte del programma (12 ore) è dedicata alle esperienze di laboratorio che consisteranno nella sintesi elettrochimica e deposizione da fase liquida di film di polimero conduttore e della loro caratterizzazione strutturale, morfologica, elettrica ed elettrochimica. Successivamente questi sistemi verranno assemblati a formare un transistor organico che verrà caratterizzato elettricamente.</p>
Inglese	<p><i>The first part (14 hours) is dedicated to reviewing basic concepts of general and organic chemistry with reference to carbon chemistry in organic compounds and conjugated systems. Molecular analysis using spectroscopic techniques of conjugated organic materials. Fundamental concepts of electron spin resonance spectroscopy. In-depth study of complexes with p-donor ligands and charge transfer in relation to chemical bonding and optical and magnetic properties. The second part (22 hours) focuses on examining general concepts and contexts related to the following topics: Differences between organic and inorganic semiconductors. Charge carriers and charge transport mechanisms in molecular solids based on small molecules and conducting polymers: band model, hopping model, and MTR model. Mobility in organic semiconductors: effect of morphology and temperature. Examples of organic materials used in molecular electronics. Synthesis, deposition, characterization, and processing methodologies of molecular materials for electronic and optoelectronic devices. Functional properties of materials used in OLEDs, OTFTs, and solar cells. Basic concepts of systems used for molecular-scale devices. The last part of the program (12 hours) is dedicated to laboratory experiments involving electrochemical</i></p>

	<i>synthesis and liquid-phase deposition of conductive polymer films and their structural, morphological, electrical, and electrochemical characterization. Subsequently, these systems will be assembled to form an organic transistor that will be electrically characterized.</i>
--	--

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA

Italiano	Chandrasekhar, P. (2018). Conducting polymers, fundamentals and applications (p. 850). New York: Springer. Bibliografia di riferimento: Materiale didattico di supporto verrà fornito dalle docenti nel corso delle lezioni.
<i>Inglese</i>	<i>Chandrasekhar, P. (2018). Conducting polymers, fundamentals and applications (p. 850). New York: Springer. Reference Bibliography: Supporting educational material will be provided by the professors during the lessons.</i>

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO

Italiano	Il corso viene svolto attraverso lezioni frontali mediante uso di diapositive in formato power point e contemporaneo approfondimento dei contenuti alla lavagna. Gli studenti vengono direttamente coinvolti nella discussione di tipici casi in studio per stimolare e tenere alta l'attenzione. Le attività di laboratorio verranno anticipate da lezioni frontali mediante uso di diapositive in formato power point nelle quali verranno forniti le informazioni teoriche e pratiche necessarie allo svolgimento delle esperienze pratiche. Tutte le diapositive utilizzate durante il corso vengono fornite agli studenti su supporto informatico.
<i>Inglese</i>	<i>The course is conducted through frontal lectures using PowerPoint slides, accompanied by simultaneous elaboration of content on the whiteboard. Students are actively engaged in the discussion of typical case studies to stimulate and maintain high attention levels. Laboratory activities will be preceded by frontal lectures using PowerPoint slides, during which theoretical and practical information necessary for conducting the experiments will be provided. All slides used during the course are provided to students in digital format.</i>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

Prova orale Prova di laboratorio

Italiano	La verifica dell'apprendimento avviene attraverso il superamento di una prova finale orale. La prova accerterà l'acquisizione delle conoscenze e delle abilità attese e consiste in una discussione con domande su tutti gli argomenti del programma e la preparazione di una relazione scritta sulla attività di laboratorio svolta. Il punteggio della prova d'esame è attribuito mediante un voto espresso in trentesimi e sarà una media pesata dei voti alle risposte sulle tematiche principali del programma e sulle attività di laboratorio. I criteri di cui si terrà conto per la formulazione del voto saranno: livello delle conoscenze del programma, capacità di ragionamento, capacità di collegamento ed integrazione con le conoscenze pregresse, abilità di linguaggio e correttezza dell'uso della lingua. Le graduazione del voto è definita dalle seguenti suddivisioni: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni.
-----------------	---

	<p>18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio sufficienti.</p> <p>21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente.</p> <p>24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso.</p> <p>27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio.</p> <p>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.</p>
<i>Inglese</i>	<p><i>The learning assessment is carried out through the passing of a final oral exam. The exam will ascertain the acquisition of the expected knowledge and skills and consists of a discussion with questions on all topics of the program and the preparation of a written report on the laboratory activities performed.</i></p> <p><i>The score for the exam is assigned on a scale of thirty and will be a weighted average of the grades for responses on the main topics of the program and laboratory activities.</i></p> <p><i>The criteria that will be taken into account for the formulation of the mark will be: level of knowledge of the program, reasoning skills, ability to connect and integrate with previous knowledge, language skills and correct use of the language.</i></p> <p><i>The graduation of the mark is defined by the following subdivisions:</i></p> <p><i>Ineligible: major deficiencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations.</i></p> <p><i>18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient.</i></p> <p><i>21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning.</i></p> <p><i>24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments.</i></p> <p><i>27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment.</i></p> <p><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></p>

MODALITÀ DI FREQUENZA

Frequenza facoltativa

Italiano	La frequenza al corso non è obbligatoria tuttavia la partecipazione alle attività di laboratorio è vincolante al superamento dell'esame.
<i>Inglese</i>	<i>Attendance at the course is not mandatory; however, participation in laboratory activities is compulsory to pass the exam.</i>