

Biopolimeri per applicazioni industriali

Biopolymers for industrial applications

A.A.	2025/26	CdS	CHIMICA
Codice	8067622	Canale	UNICO
CFU	6	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE

EMANUELA GATTO

OBIETTIVI FORMATIVI

Italiano	<p>OBIETTIVI FORMATIVI: Il corso ha l'obiettivo di fornire agli studenti le basi teoriche per la comprensione delle proprietà chimico-fisiche dei polimeri naturali, della loro auto-organizzazione supramolecolare, e di come questa possa essere sfruttata per la realizzazione di nuovi materiali sostenibili ambientalmente. Il corso permette allo studente di pensare, ideare, progettare, pianificare, e sviluppare nuovi materiali biodegradabili, in linea con le nuove direttive Europee e con i principi dell'economia circolare, ottemperando ai vincoli imposti dalla normative e dalle regolamentazioni in materia ambientale.</p> <p>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE: Il corso consentirà di acquisire la conoscenza dei polimeri naturali, delle tecniche di caratterizzazione chimico-fisica e meccanica degli stessi e dei parametri che influenzano le loro proprietà di auto-organizzazione supramolecolare. Il corso si propone inoltre di sviluppare le capacità di sintesi di nuovi materiali, attraverso procedure sperimentali mirate alla pianificazione e realizzazione di un'idea progettuale.</p> <p>CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE: Il corso si propone di fornire gli strumenti per la comprensione della chimica di base dei polimeri naturali, delle interazioni deboli che portano alla formazione di strutture supramolecolari e degli aspetti energetici che governano la stabilità e le proprietà di tali strutture. Lo studente acquisirà la capacità di applicare i metodi e le procedure descritte a lezione per la risoluzione di problemi su tematiche nuove, relative alla sostenibilità ambientale, partendo dalla chimica fino ad arrivare a contesti interdisciplinari.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Il corso fornisce agli studenti la capacità pensare, ideare, progettare, pianificare, e sviluppare nuovi materiali sostenibili ambientalmente, in linea con le nuove direttive Europee. Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di operare in autonomia utilizzando i vari argomenti affrontati nel corso.</p> <p>ABILITÀ COMUNICATIVE: Abilità nel comunicare efficacemente informazioni, idee, problemi e soluzioni in forma orale e scritta, a uditori sia specialistici che generici, anche utilizzando le tecnologie messe a disposizione dall'informatica. Gli studenti devono imparare a comunicare il contenuto dei propri studi. Tale capacità viene accertata in fase di esame.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Capacità di apprendimento che consentano di formulare in maniera autonoma una ipotesi progettuale e che comunque rendano lo studente in grado di aggiornarsi autonomamente nell'ambito della chimica fisica dei polimeri naturali, al fine di favorire un percorso dall'università al mondo del lavoro. La prova finale, orale, costituisce una ulteriore verifica delle capacità di apprendimento ed esposizione autonome dello studente.</p>
-----------------	--



Inglese	<p><i>LEARNING OUTCOMES: The course aims to provide the theoretical basis of the physical-chemical properties of natural polymers, their supramolecular self-organization, and the structure/function relationship of the final device. The course makes the student think, conceive, design, plan, and develop new environmentally sustainable materials, in line with the new European directives and with the principles of the circular economy.</i></p> <p><i>KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: Knowledge of natural polymers, of the chemical-physical and mechanical characterization techniques and of the parameters that influence their supramolecular self-organization properties. The course also aims at developing the ability to synthesize new materials, through experimental procedures aimed at planning and implementing an idea.</i></p> <p><i>APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: The course aims at providing the tools for understanding the basic chemistry of natural polymers, the weak interactions that lead to the formation of supramolecular structures and the energetic aspects that govern the stability and properties of these structures. The student will acquire the ability to solve problems on new issues, starting from chemistry up to interdisciplinary contexts.</i></p> <p><i>MAKING JUDGEMENTS: The course provides the ability to think, conceive, design, plan, and develop new environmentally sustainable materials, in line with the new European directives. At the end of the course the student must be able to operate independently using the various topics covered in the course.</i></p> <p><i>COMMUNICATION SKILLS: Ability to effectively communicate information, ideas, problems and solutions in oral and written form, to both specialist and generic listeners, also using the technologies made available by computer science. Students must learn to communicate, in oral and written form, the content of their studies. This ability is ascertained during the examination and / or ongoing test.</i></p> <p><i>LEARNING SKILLS: Learning skills that allow to independently formulate an hypothesis and that in any case make the student able to study and solve problems independently in the field of physical chemistry of natural polymers, in order to favor a path from university to the world of work. The final exam, oral, is a further verification of the student's autonomous learning and exposure skills.</i></p>
---------	--

PREREQUISITI

Italiano	Matematica e fisica di base, struttura e stereochimica organica, termodinamica classica e statistica, lingua inglese.
Inglese	<i>Basic mathematics and physics, organic structure and stereochemistry, classical thermodynamics and statistics, English language.</i>

PROGRAMMA

Italiano	Una parte iniziale è dedicata ai polimeri sintetici ed alle loro applicazioni (10 ore). Polimeri sintetici, polimeri semi-sintetici e polimeri naturali. Plastica, numeri della plastica, inquinamento da plastica, microplastiche, direttiva Single Use Plastic (EU2019/904). Classificazione dei polimeri, sintesi di polimeri plastici, relazioni struttura-proprietà. Additivi della plastica. Stato solido dei polimeri: polimeri amorfi e cristallini. Temperatura di transizione vetrosa. Termodinamica e cinetica di cristallizzazione in sistemi macromolecolari.
----------	--



	<p>Tatticità. Materiali elastomerici. Materiali termoindurenti. Una seconda parte riguarda i polimeri naturali (proteine, polisaccaridi, poliesteri, lignina, PLA, PHA) e le bioplastiche. (8 ore). Polimeri naturali: polisaccaridi, proteine, poliesteri, polinucleotidi, poliisoprene, poliidrossialcanoati. Proprietà chimico-fisiche e di self-assembly. Biopolimeri da fermentazione batterica: PHA. Biopolimeri da processi biotecnologici: PLA. Bioplastiche da polimeri naturali. Definizione di bioplastica, classificazione delle bioplastiche. Bioplastiche bio-based e biodegradabili, bioplastiche fossil-based e biodegradabili, bioplastiche bio-based e non biodegradabili. Sintesi e caratteristiche. Definizione di biodegradabilità e compostabilità. Definizione di bio-based. Normative di riferimento. Trend di mercato. Una terza parte riguarda le tecniche di caratterizzazione dei materiali e loro lavorazione industriale (10 ore). Tecniche di caratterizzazione termica (DSC) e spettroscopica di polimeri naturali (Raggi X, FTIR, UV-Visibile). Tecniche di caratterizzazione meccanica di polimeri naturali: prove meccaniche, curva sforzo-deformazione e relazione con la struttura dei materiali. Viscosità. Tecniche di caratterizzazione reologica di polimeri naturali. Tecniche di lavorazione industriale dei materiali polimerici. Un'ultima parte riguarda le applicazioni dei polimeri naturali in ambito energetico (6 ore). Applicazione dei polimeri naturali nelle celle solari. Fotosintesi naturale. Spettroelettrochimica. Teoria dei processi di trasferimento elettronico a stato fondamentale e fotoindotto. Teoria di Marcus. Celle solari.</p> <p>Laboratorio (24 ore): ideazione, progettazione e sintesi di nuovi materiali a base di polimeri naturali. Il laboratorio sarà guidato dal docente ma gestito in maniera autonoma dagli studenti, al fine di concorrere all'autonomia dello studente. Attività di laboratorio, alternate a lezioni teoriche a supporto delle esperienze pratiche, sono previste con cadenza settimanale, a partire dalla seconda settimana di corso. Gli studenti svolgeranno attività pratiche in laboratorio, divisi in piccoli gruppi, in cui verrà richiesto un lavoro attivo di definizione di un protocollo di estrazione di un biopolimero a partire da una biomassa di scarto, selezionata dagli studenti stessi durante uno studio di letteratura effettuato in aula e assistito dal docente. In una seconda fase gli studenti determineranno una strategia di sintesi di un biomateriale a base del polimero ottenuto nella fase precedente. Ulteriori attività di laboratorio prevedono la misura della permeabilità al vapore acqueo di un film bioplastico e la preparazione e l'assemblaggio di una DSSC, in cui le molecole fotosensibili vengono ottenute tramite estrazione da matrici naturali. Visita di alcuni spin-off di Ateneo, per la comprensione degli sviluppi applicativo-commerciali della ricerca di base.</p>
Inglese	<p><i>A first part is dedicated to synthetic polymers and their applications (10 hours). Synthetic polymers, semi-synthetic polymers and natural polymers. Plastics, plastic numbers, plastic pollution, microplastics, Single Use Plastic Directive (EU2019/904). Polymer classification, synthesis of plastic polymers, structure-property relationships. Plastic additives. Solid state of polymers: amorphous and crystalline polymers. Glass transition temperature. Thermodynamics and crystallization kinetics in macromolecular systems. Tacticity. Elastomeric materials. Thermosetting materials.</i></p> <p><i>A second part concerns natural polymers (proteins, polysaccharides, polyesters, lignin, PLA, PHA) and bioplastics. (8 hours).</i></p>

	<p><i>Natural polymers: polysaccharides, proteins, polyesters, polynucleotides, polyisoprene, polyhydroxyalkanoates. Physico-chemical and self-assembly properties. Biopolymers from bacterial fermentation: PHA. Biopolymers from biotechnological processes: PLA. Bioplastics from natural polymers.</i></p> <p><i>Definition of bioplastics, classification of bioplastics. Bio-based and biodegradable bioplastics, fossil-based and biodegradable bioplastics, bio-based and non-biodegradable bioplastics. Summary and characteristics.</i></p> <p><i>Definition of biodegradability and compostability. Definition of bio-based. Reference standards. Market trends.</i></p> <p><i>A third part deals with the techniques of characterization of materials and their industrial processing (10 hours).</i></p> <p><i>Thermal (DSC) and spectroscopic characterization techniques of natural polymers (X-ray, FTIR, UV-Visible).</i></p> <p><i>Techniques for the mechanical characterization of natural polymers: mechanical tests, stress-strain curve and relationship with the structure of materials.</i></p> <p><i>Viscosity. Rheological characterization techniques of natural polymers.</i></p> <p><i>Techniques for the industrial processing of polymeric materials.</i></p> <p><i>A final part concerns the applications of natural polymers in the energy sector (6 hours).</i></p> <p><i>Application of natural polymers in solar cells. Natural photosynthesis. Spectroelectrochemistry. Theory of ground-state and photoinduced electron transfer processes. Marcus' theory. Solar cells.</i></p> <p><i>Laboratory (24 hours): conception, design and synthesis of new materials based on natural polymers. The work will be guided by the teacher but managed autonomously by the students, in order to contribute to improve their autonomy.</i></p> <p><i>Laboratory activities, alternating with theoretical lectures to support practical experiences, are scheduled on a weekly basis, starting from the second week of the course.</i></p> <p><i>Students will carry out practical activities in the laboratory, divided into small groups, in which they will be required to actively define a protocol for the extraction of a biopolymer from a waste biomass, selected by the students during a literature study carried out in the classroom and assisted by the teacher. In a second phase, students will determine a synthesis strategy of a biomaterial based on the polymer obtained in the previous phase.</i></p> <p><i>Further laboratory activities include the measurement of the water vapor permeability of a bioplastic film and the preparation and assembly of a DSSC, in which photosensitive molecules are obtained by extraction from natural matrices.</i></p> <p><i>Visit of some university spin-offs, to understand the applicative-commercial developments of basic research.</i></p>
--	---

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA

Italiano	<p>Il materiale bibliografico per la preparazione dell'esame è costituito dalle dispense delle lezioni fornite dal docente, caricate sul canale Teams in cui sono iscritti tutti gli studenti che hanno inserito il corso nel piano di studio.</p> <p>Testi base di riferimento: S. Bruckner, <i>Scienza e Tecnologia dei Materiali Polimerici</i>, 2016, ed. Edises L. H. Sperling <i>Introduction to Physical Polymer Science</i>, 2020, Wiley M. Guaita, F. Ciardelli, F. La Mantia, E. Pedemonte, <i>Fondamenti di Scienza dei Polimeri</i>, 2006, ed. Nuova Cultura</p>
Inglese	<p><i>The bibliographic material for the preparation of the exam consists of the lecture notes provided by the teacher that can be found on the Teams class, in which all the students have access, and by the following books.</i></p> <p><i>Reference book:</i> S. Bruckner, <i>Science and technology of polymeric materials</i>, 2016, ed. Edises</p>

	<p><i>L. H. Sperling Introduction to Physical Polymer Science, 2020, Wiley</i> <i>M. Guaita, F. Ciardelli, F. La Mantia, E. Pedemonte, Fondamenti di Scienza dei Polimeri, 2006, ed. Nuova Cultura</i></p>
--	---

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO

Italiano	Il corso prevede 32 ore di lezioni frontali (4 CFU) e 24 ore di esercitazioni (2 CFU) per un totale di 56 ore di didattica. Le lezioni sono svolte in aula, incoraggiando la partecipazione attiva degli studenti nella discussione e nella soluzione dei problemi. Le esercitazioni vengono svolte nei laboratori didattici.
<i>Inglese</i>	The course includes 32 hours of lectures (4 CFU) and 24 hours of practical sessions (2CFU), for a total of 56 teaching hours. Lectures are held in the classroom, encouraging the active participation of students in discussions and problem-solving activities. Practical sessions are carried out in teaching laboratories.

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

Prova orale

Italiano	<p>Lo scopo dell'esame è verificare il livello di raggiungimento dei risultati di apprendimento precedentemente indicati.</p> <p>La prova orale, della durata di 20-30 minuti, ha lo scopo di accertare le conoscenze acquisite e le capacità di comunicazione dello studente. L'esame viene superato con un voto uguale o superiore a 18/30.</p> <p>È richiesta la stesura di relazioni delle attività svolte in laboratorio, da inviare alla docente con almeno una settimana di anticipo rispetto alla data di esame. Le relazioni verranno valutate ai fini del voto finale.</p> <p>In sede di esame si richiede allo studente di esporre dettagliatamente il lavoro svolto in laboratorio in una presentazione orale.</p> <p>Graduazione del voto dell'esame orale: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccurately nella conoscenza e comprensione degli argomenti 18-21, lo studente ha acquisito i concetti di base della disciplina e si esprime con un linguaggio sufficientemente corretto ed appropriato. 22-25, lo studente ha acquisito in modo approfondito i concetti di base della disciplina ed è adeguatamente in grado di effettuare i collegamenti tra le varie materie. Presenta linearità nella strutturazione del discorso. Il linguaggio è appropriato e corretto. 26-29, lo studente possiede un bagaglio di conoscenze completo e ben strutturato. È in grado di applicare e rielaborare autonomamente le conoscenze acquisite. Mette in evidenza una ricchezza di riferimenti e capacità logico-analitiche con un linguaggio fluido, appropriato e vario. 30 e lode, lo studente possiede una base di conoscenze completa e approfondita. È in grado di applicare la conoscenza a casi e problemi complessi ed estenderla a nuove situazioni. I riferimenti culturali sono ricchi e aggiornati. Si esprime con brillantezza e perfetta proprietà di linguaggio.</p>
<i>Inglese</i>	<p><i>The aim of the exam is to verify the level of achievement of the previously indicated learning outcomes.</i></p> <p><i>The oral exam, which lasts 20-30 minutes, aims to ascertain the acquired knowledge and the student's communication skills. The exam is passed with a grade equal to or higher than 18 points out of 30.</i></p> <p><i>Reporting of lab work is required and should be sent to professors at least one week in advance of the exam date. The reports will be evaluated for the final grade.</i></p>

	<p><i>In the first part of the exam, the student is required to detail the work done in the lab in an oral presentation.</i></p> <p><i>Graduation of the grade of the oral exam:</i></p> <p><i>Fail: significant gaps and/or inaccuracies in the knowledge and understanding of the topics.</i></p> <p><i>18-21, the student has acquired the basic concepts of the discipline and expresses himself with a sufficiently correct and appropriate language.</i></p> <p><i>22-25, the student has acquired in depth the basic concepts of the discipline and is adequately able to make the connections between the various subjects. Presents linearity in the structuring of speech. The language is appropriate and correct.</i></p> <p><i>26-29, the student has a complete and well-structured set of knowledge. He is able to independently apply and re-elaborate the acquired knowledge. It highlights a wealth of references and logical-analytical skills with a fluid, appropriate and varied language.</i></p> <p><i>30 and 30 cum laude, the student has a complete and in-depth knowledge base. Is able to apply knowledge to complex cases and 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	Per le attività di laboratorio è previsto l'obbligo della frequenza. Per le lezioni frontali la frequenza è libera, pur essendo fortemente consigliata.
<i>Inglese</i>	<i>Attendance is mandatory for laboratory activities. For lectures, attendance is optional, although it is strongly recommended.</i>