

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

SCIENZA DEI POLIMERI CON LABORATORIO

POLYMER SCIENCE W / LAB

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	SCIENZA DEI MATERIALI (L-Sc.Mat)
Codice	8068977	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

ESTER CHIESSI

CODOCENTE

FABIO DOMENICI

Modulo: Laboratorio di Scienza dei Polimeri

Laboratory of Polymer Science

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	<p>OBIETTIVI FORMATIVI</p> <p>L'insegnamento si propone di fornire agli studenti le nozioni fondamentali della chimica delle macromolecole, affrontando l'analisi delle proprietà dei polimeri con gli strumenti della termodinamica, della statistica e della cinetica chimica. Oltre all'introduzione ai principali meccanismi di sintesi e proprietà dei materiali polimerici, verranno in particolare trattati il problema della conformazione media di una macromolecola, della stabilità di soluzioni polimeriche, della teoria dell'elasticità. Per favorire il carattere interdisciplinare della formazione dello studente, i contenuti dell'insegnamento sono veicolati con un approccio chimico-fisico. Il materiale didattico, fornito in lingua Inglese, intende introdurre gli studenti al linguaggio della comunità scientifica internazionale. Le esercitazioni di laboratorio, focalizzate su metodi di caratterizzazione e sintesi di polimeri, hanno, tra gli altri, lo scopo di concorrere all'autonomia operativa e decisionale dello studente, secondo quanto previsto tra gli obiettivi formativi del Corso di Studi.</p> <p>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE</p> <p>L'insegnamento fornisce allo studente la capacità di orientarsi tra le principali tematiche che coinvolgono la chimica e la fisica delle macromolecole. E' richiesta la memorizzazione di alcune nozioni di base, tra cui le caratteristiche chimiche identificative delle più importanti classi di polimeri e la tipologia della loro sintesi, e la comprensione e razionalizzazione delle proprietà fondamentali in fase massiva e soluzione.</p> <p>CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE</p> <p>Al termine dell'insegnamento lo studente deve saper indicare le proprietà più salienti di un materiale polimerico, ipotizzando indagini per caratterizzarlo. Deve essere in grado di individuare, ed eventualmente reperire, le informazioni rilevanti per il suo comportamento chimico-fisico. Deve saper applicare le teorie sui materiali polimerici descritte nel corso, conoscendone i limiti.</p>
----------	--

	<p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO</p> <p>Sulla base delle informazioni fornite dalle lezioni e grazie alle attività di laboratorio, lo studente deve essere in grado di valutare la significatività di un dato sperimentale e di correlare nozioni, riguardanti la chimica-fisica dei polimeri, provenienti da fonti differenti.</p> <p>ABILITÀ COMUNICATIVE</p> <p>Durante l'insegnamento viene prestata particolare attenzione alla capacità di esporre in modo chiaro, rigoroso e scientificamente corretto i concetti e i modelli introdotti. Lo studente dovrà saper illustrare i concetti e le assunzioni alla base dei modelli sul comportamento dei polimeri; saper discutere le equazioni più importanti che riguardano proprietà di polimeri; saper fornire esempi, usando la terminologia tecnica appropriata, sia italiana che inglese.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO</p> <p>Sulla base delle informazioni fornite dalle lezioni e grazie alle attività di laboratorio, lo studente deve essere in grado di interpretare ed utilizzare risultati relativi alla caratterizzazione di macromolecole, riportati su manuali ed in letteratura.</p>
<p>English</p>	<p>LEARNING OBJECTIVES</p> <p><i>The course aims to provide students with the basic notions of macromolecular chemistry, addressing the analysis of polymer properties with the tools of thermodynamics, statistics and chemical kinetics. In addition to the introduction to the main synthesis mechanisms and properties of polymeric materials, the topics of the average conformation of a macromolecule, of the stability of polymer solutions, of the theory of elasticity will be discussed in particular. At the aim to concur to the interdisciplinary education of the student, the contents of the course are conveyed with a physical-chemical approach. The teaching material, provided in English, means to introduce students to the language of the international scientific community. The laboratory activities, focused on methods of characterization and synthesis of polymers, have, among other things, the purpose of contributing to the operational and decision-making autonomy of the student, according to the educational objectives of the Material Science Course.</i></p> <p>KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING</p> <p><i>At the end of the course the student has to be aware of the main issues involving the chemistry and physics of macromolecules. The memorization of a few basic notion is required, including the chemical characteristics that identify the most important classes of polymers and the type of their synthesis, and the understanding and rationalization of the fundamental properties in bulk and solution phases.</i></p> <p>APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING</p> <p><i>Upon successful completion of the course, students will be able to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>indicate the most salient properties of a polymeric material, hypothesizing investigations to characterize it; to identify, and possibly to find, information relevant to its chemical-physical behaviour; to know how to apply the theories on</i>

	<p><i>polymeric materials described in the course, knowing their limits; to develop appropriate theoretical models and select the most suitable approximations;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>identify, and possibly to find in the scientific literature, information relevant to its chemical-physical behaviour;</i> • <i>know how to apply the theories on polymeric materials described in the course, understanding their limits.</i> <p><i>MAKING JUDGEMENTS Based on the information provided by the lectures and thanks to the laboratory activities, the student will be expected to evaluate the significance of an experimental datum and to correlate notions on the physical-chemical behaviour of polymers, coming from different sources.</i></p> <p><i>COMMUNICATION SKILLS</i></p> <p><i>Throughout the course, particular emphasis is placed on the ability to present concepts and models clearly, rigorously, and with scientific accuracy.</i></p> <p><i>Students are expected to demonstrate the ability to: illustrate the concepts and assumptions underlying the models on the behaviour of polymers; discuss the most important equations concerning properties of polymers; provide examples, using the appropriate technical terminology, in both Italian and English.</i></p> <p><i>LEARNING SKILLS Based on the information provided by the lectures and thanks to the laboratory activities, the student will be expected to interpret and to use results related to the characterization of macromolecules, reported in manuals and in the literature.</i></p>
--	---

PREREQUISITI

Italiano	<p>Conoscenza delle discipline chimiche di base e di nozioni fondamentali di Analisi Matematica. In particolare: familiarità con la struttura di molecole semplici e dei loro gruppi funzionali; conoscenza delle principali leggi della termodinamica e cinetica chimica; nozioni di calcolo differenziale ed integrale.</p> <p>Prerequisiti per il Modulo di Laboratorio: familiarità con le unità di misura di osservabili chimico-fisiche e con il calcolo di quantità correlate; capacità di valutare e propagare l'errore sperimentale di osservabili.</p>
<i>English</i>	<p><i>Fundamentals of Chemistry and Mathematical Analysis. In particular: familiarity with the structure of simple molecules and their functional groups; knowledge of the main laws of Chemical Thermodynamics and Kinetics; notions of differential and integral calculus.</i></p> <p><i>Laboratory: familiarity with the units of measurement of chemical-physical observables and with the calculation of related quantities; capability to estimate and propagate the experimental error of observables.</i></p>

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	<p>L'insegnamento, nella parte teorica, si svilupperà dapprima proponendo concetti generali e di contesto sulla struttura e sulle principali proprietà che caratterizzano i polimeri (8 ore); poi tratterà le due principali classi di sintesi di polimeri (12 ore); quindi affronterà approfondimenti su conformazione media di una macromolecola, termodinamica di soluzioni polimeriche, teoria dell'elasticità (12 ore). Il Modulo di Laboratorio farà da complemento alle lezioni teoriche, coinvolgendo gli studenti in sessioni di laboratorio dove</p>
-----------------	--



	<p>si svolgeranno esperimenti per la caratterizzazione di macromolecole con tecniche di ampia applicazione e sintesi di polimeri campione (24 ore).</p> <p>Gli argomenti affrontati nella parte teorica dell'insegnamento sono elencati in dettaglio di seguito:</p> <p>Cenni storici sulla scienza dei polimeri. Definizioni. Caratteristiche e proprietà delle macromolecole. Comportamento termo-meccanico. Grado di polimerizzazione. Temperatura di transizione vetrosa.</p> <p>Medie e distribuzioni numerali e ponderali del peso molecolare. Indice di polidispersione.</p> <p>Polimerizzazione con meccanismo a stadi: teoria di Carothers; teoria statistica; cinetica; metodi di sintesi. Polimerizzazione a stadi non lineare: il fenomeno della gelazione.</p> <p>Polimerizzazione radicalica a catena: meccanismo; velocità di polimerizzazione; lunghezza cinetica di catena; auto accelerazione; processi di trasferimento di catena; distribuzioni del peso molecolare; temperatura di Ceiling; tecnologie di polimerizzazione; polimerizzazione radicalica pseudo vivente.</p> <p>Tatticità: polimeri stereo regolari e loro proprietà fisiche e chimiche.</p> <p>Dimensioni medie di una catena disordinata: distanza testa-coda, raggio di girazione, lunghezza di contour. Il modello della catena Gaussiana: media e distribuzione dei valori della distanza testa-coda. Restrizioni conformazionali rispetto al modello gaussiano: effetto dell'angolo di legame e della torsione diedrale sulla distanza testa-coda. Effetto pentano. Catena equivalente, rapporto caratteristico, segmento di Kuhn. Effetti di volume escluso sulla dimensione di polimeri.</p> <p>Termodinamica del mescolamento di polimeri: frazioni in volume; condizioni Theta; teoria di Flory-Huggins. Lacuna di miscibilità di soluzioni polimeriche. Condizioni critiche. Curve binodale e spinodale.</p> <p>Cenni su proprietà idrodinamiche di polimeri in soluzione: catene free-draining e non free-draining. Viscosità. Peso molecolare medio viscosimetrico. Metodi di frazionamento: cromatografia a permeazione di gel, precipitazione frazionata. Soluzioni diluite. Pressione osmotica.</p> <p>Fibre ed elastomeri: aspetti strutturali. Termodinamica della deformazione di elastomeri. L'elastomero come molla entropica. Teoria statistica dell'elasticità. Isteresi meccanica degli elastomeri. Parametri relativi alla deformazione di materiali polimerici: modulo di Young, modulo di bulk, rapporto di Poisson. Curve sforzo-deformazioni di polimeri duttili. Punto di snervamento.</p> <p>Modulo di Laboratorio: Caratterizzazione di polimeri termoplastici mediante calorimetria a scansione differenziale. Spettroscopia FTIR per il riconoscimento e la caratterizzazione di campioni polimerici commerciali. Sintesi del nylon 6,10 all'interfaccia acqua/esano.</p>
<p>English</p>	<p><i>The course, in the theoretical part, will first present general and contextual concepts on the structure and main properties that characterize polymers (8 hours); then it will deal with the two main classes of polymer synthesis (12 hours); then it will address more specific subjects, including the average conformation of a macromolecule, the thermodynamics of polymer solutions, the theory of elasticity (12 hours). The Laboratory module will complement the theoretical lessons, involving students in laboratory sessions where experiments will be carried out for the characterization of macromolecules with widely applied techniques and synthesis of sample polymers (24 hours).</i></p>

	<p><i>The detailed list of topics addressed in theoretical lectures is reported below:</i></p> <p><i>Historical introduction to polymer science. Definition of polymer systems. Structural and physico-chemical properties of macromolecules. Classification of polymers based on mechanical and thermal behaviour. Glass transition temperature.</i></p> <p><i>Average molar masses and their distributions. Index of polydispersity.</i></p> <p><i>Step polymerization: Carothers's theory; statistical theory; kinetics; methods of synthesis. Non linear step polymerization: gelling.</i></p> <p><i>Radical chain polymerization: mechanism; velocity of polymerization; kinetic chain length; autoacceleration; chain transfer processes; molar mass distributions; Ceiling temperature; technologies of polymerization; pseudo-living radical polymerization.</i></p> <p><i>Tacticity and its influence on physical and chemical properties of polymers.</i></p> <p><i>Average chain dimension: end-to-end distance, radius of gyration, contour length. Random chain conformation, Gaussian chain, average and distribution of the end-to-end distance for a Gaussian chain. Correction to the Gaussian chain model: effect of bond angle and dihedral angle on the end-to-end distance. Pentane effect. Equivalent chain, characteristic ratio, segment of Kuhn. Excluded volume effects on the size of polymers.</i></p> <p><i>Thermodynamics of mixing for polymer solution. Volume fraction. Theta conditions. Flory-Huggins theory for polymer solution. Mixing gaps. Critical conditions. Binodal and spinodal curves.</i></p> <p><i>Introduction to polymers hydrodynamics in solution: free-draining and non free-draining chain. Viscosity. Viscosity average molecular weight. Polymers fractioning methods: gel permeation chromatography, fractioning by selective precipitation. Dilute polymer solution. Osmotic pressure.</i></p> <p><i>Fibres and elastomers. Thermodynamics of elasticity. Elastomer as an entropy spring. Statistic theory of elasticity. Mechanical hysteresis of elastomer. Deformation of polymer materials: Young's and bulk moduli, Poisson's ratio. Stress-strain curves of a ductile polymer. Yield strength.</i></p> <p><i>Laboratory activities: Characterization of thermoplastic polymers by differential scanning calorimetry. FTIR spectroscopy measurements on commercial polymer materials. Synthesis of nylon 6,10 at the hexane/water interface.</i></p>
--	---

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

<i>Italiano</i>	<p>Young and Lovell "Introduction to Polymers" Second Edition. Chapman and Hall, London (1991)</p> <p>Il testo copre gli argomenti della parte teorica e del Modulo di Laboratorio.</p> <p>Diapositive delle lezioni e note del Docente sul Canale della piattaforma teams</p>
<i>English</i>	<p>Young and Lovell "Introduction to Polymers" Second Edition. Chapman and Hall, London (1991)</p> <p>The textbook covers the topics of both theoretical lectures and Laboratory Module.</p> <p>Lecture slides and teacher notes on teams channel.</p>

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

In presenza

A distanza

Italiano	<p>32 ore di lezioni frontali ed esercitazioni numeriche sugli argomenti del corso anche con l'ausilio di diapositive esplicative.</p> <p>Modulo di Laboratorio: 24 ore di attività di laboratorio ed elaborazione dati. L'attività di laboratorio è svolta in gruppi per sviluppare le abilità comunicative e di lavoro di squadra.</p> <p>Il materiale didattico (presentazioni, articoli di letteratura, fogli di calcolo) è reso disponibile mediante la piattaforma Teams sia per la parte teorica che per il Modulo di Laboratorio.</p> <p>Gli studenti possono usufruire di spiegazioni individuali durante l'orario di ricevimento del docente (una sessione di 2 ore a settimana).</p>
English	<p><i>32 hours of teacher-led lessons and numerical exercises on the topics of the Course, also using explanatory slides</i></p> <p><i>Laboratory module: 24 hours of laboratory activities and data elaboration. For laboratory activity students are grouped, to improve communication skills and team work ability.</i></p> <p><i>The teaching material for both theoretical lectures and Laboratory Module (presentations, scientific papers, computing files) is provided by Teams.</i></p> <p><i>One-to-one instruction of students on demand (one 2-hours session/week) is available.</i></p>

MODALITÀ DI FREQUENZA

- frequenza obbligatoria frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	<p>La frequenza regolare delle lezioni teoriche non è obbligatoria ma è molto consigliata al fine di facilitare l'apprendimento delle derivazioni chimico-fisiche trattate nel corso. Le lezioni sono svolte nelle aule del dipartimento. La partecipazione alle sessioni di laboratorio, in quanto non sostituibile da attività individuali, è obbligatoria.</p>
English	<p>The regular attendance of the theoretical lectures is not mandatory but it is highly recommended in order to facilitate the learning of the chemical-physical derivations dealt within the course. Lessons are held in the classrooms of the department. The attendance of laboratory sessions is mandatory, being not not replaceable by individual activities.</p>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

- Prova scritta Prova orale Prova di laboratorio Prova pratica
 Valutazione in itinere Valutazione di progetto Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

La titolare **ESTER CHIESSI** ed il codocente **FABIO DOMENICI**. Eventualmente **CLAUDIA MAZZUCA**, esperta nella materia

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	<p>L'esame consiste in un colloquio orale volto a verificare il livello di conoscenza degli argomenti trattati nelle lezioni teoriche e la capacità di utilizzare tali conoscenze per la comprensione ed interpretazione, rispettivamente, delle attività e dei risultati delle esperienze svolte nel Modulo di Laboratorio.</p> <p>Vengono proposte tre domande su argomenti del corso, la prima delle quali consiste nella presentazione critica delle attività e dei risultati di una delle esperienze di laboratorio. Una quarta domanda è possibile in caso di risposta insoddisfacente ad una delle tre domande precedenti o per l'assegnazione della lode.</p>
----------	---



	<p>L'esame è superato se si risponde in modo soddisfacente ad almeno tre domande su quattro, intendendo per soddisfacente una risposta in cui non si evidenziano errori di comprensione e sono esposte le basi dell'argomento.</p> <p>La votazione finale è espressa in trentesimi (votazione minima per il superamento dell'esame: 18/30) e viene stabilita secondo i seguenti criteri:</p> <p>Non idoneo: importanti carenze e/o fraintendimenti nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni.</p> <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 e 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>
English	<p><i>The exam consists of an oral interview aimed at verifying the level of knowledge of the topics covered in the theoretical lectures and the ability to use this knowledge for the understanding and interpretation of the activities and results, respectively, of the experimental sessions of the Laboratory Module.</i></p> <p><i>Three questions on the topics of the Course are proposed, the first question concerning the critical presentation of the activities and results of one of the laboratory sessions. A further question is possible in case of failure in one of the three questions or to assign honour.</i></p> <p><i>The exam is passed if at least three out of four questions are satisfactorily answered. A question is considered as satisfactorily answered in the absence of major errors and when the basic concepts on the topic are exposed.</i></p> <p><i>The final score is expressed in thirtieths (minimum score to pass the exam: 18/30) and it is decided according to the following criteria:</i></p> <p><i>Not passed: Important deficiencies and / or inaccuracies in knowledge and understanding of topics; limited capacity of analysis and synthesis, frequent generalizations.</i></p> <p><i>18-20: Knowledge and understanding of topics just sufficient, with possible imperfections; sufficient capacity of synthesis, analysis and autonomy of judgment.</i></p> <p><i>21-23: Routine knowledge and understanding of topics; ability of correct analyses and synthesis with coherent logical argumentation.</i></p> <p><i>24-26: Fair knowledge and understanding of topics; good analysis and synthesis skills with rigorously expressed arguments.</i></p> <p><i>27-29: Complete knowledge and understanding of topics; remarkable skills of analysis and synthesis. Good autonomy of judgment.</i></p> <p><i>30-30L: Excellent level of knowledge and understanding of topics. Remarkable capacity of analysis and synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way.</i></p>