

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Materiali innovativi per la tecnologia sostenibile

Innovative materials for sustainable technologies

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI (LM-Sc.Mat)
Codice	8068722	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Mario Bragaglia

CODOCENTE

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI: Gli obiettivi formativi del corso sono concentrati sull'acquisizione delle nozioni necessarie allo sviluppo di materiali avanzati ed innovativi, sostenibili, multifunzionali e smart materials, nello scenario di Industria 4.0 e al relativo trasferimento tecnologico. Si presenteranno nozioni di scienza dei materiali focalizzando l'attenzione su materiali e tecniche di produzione sostenibili, materiali compositi e nano-compositi, elastomeri, rivestimenti e relativi metodi di produzione. Gli studenti, al termine del corso, dovranno essere in grado di : 1) conoscere i concetti fondamentali della scienza dei materiali avanzata, 2. Essere in grado di comunicare efficacemente le conoscenze e abilità acquisite, 3. Sviluppare il proprio potenziale attraverso lo studio della disciplina, 4. Impiegare le abilità acquisite per stabilire connessioni e correlazioni con le altre discipline 5. Sviluppare creatività, curiosità scientifica e passione per lo studio e per la disciplina. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE: Il corso non solo si prefigge lo scopo di fornire agli studenti le nozioni relative scienza e tecnologia dei materiali avanzati e sostenibili, ma anche di stimolare il pensiero critico e la capacità di elaborazione e di correlazione tra i dati e le informazioni acquisite, allo scopo di impiegarle nei processi di scelta decisionale nella risoluzione dei problemi pratici. Per questo il corso verrà articolato prevedendo sia lezioni teoriche, che esercitazioni (sia numeriche che pratiche e di laboratorio). CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE: Il corso prevede la sistematica applicazione delle conoscenze acquisite attraverso la risoluzione di problemi industriali complessi, relativi alla formulazione e produzione di innovativi materiali e al loro trasferimento tecnologico, attraverso lo svolgimento di esercitazioni in aula e ove possibile in laboratorio, sperimentazioni con l'utilizzo di strumenti informatici e attività di progetto (ivi inclusa quella relativa alla tesi di laurea magistrale, per gli studenti che lo richiederanno). Le attività pratiche e esercitazioni stimoleranno gli studenti all'impiego di nozioni di diverse discipline, in un'ottica di integrazione delle conoscenze, in similitudine con quanto avverrà in maniera più complessa nella reale vita lavorativa.
----------	---

	AUTONOMIA DI GIUDIZIO Lo sviluppo del pensiero critico è uno degli obiettivi fondanti del corso, a cui si tenderà attraverso il raggiungimento delle seguenti competenze: 1. Identificazione delle problematiche/argomenti più importanti nell'ambito di una tematica e raccolta delle relative informazioni essenziali, 2. Valutazione ed elaborazione di strategie per considerare possibili multiple soluzioni ad un problema (thinking outside the box) 3. Impiegare diversi percorsi logici, ragionamenti e argomentazioni per analizzare e mettere in sintesi le informazioni acquisite e creare connessioni, 4. Riflettere sul percorso di formazione, discutere in maniera critica le nozioni e applicare quanto imparato sia della disciplina, sia del metodo. ABILITA' COMUNICATIVE Le abilità comunicative comprendono l'abilità di porsi in uno stato di ascolto attivo e riflessivo rispetto agli argomenti proposti dal docente o da altre fonti e di confrontarsi, condividendo e comunicando le proprie idee e convinzioni. La scelta del metodo e del codice di comunicazione in funzione dei concetti da comunicare, dell'audience verso cui ci si rivolge e dello scopo della comunicazione (informatica, istruttiva, motivazionale, persuasiva, ecc.), sono altre abilità che si intende sviluppare. Lo studente dovrà essere in grado di trasmettere il proprio pensiero efficacemente, sia in forma scritta che orale. Durante il corso si prevedono sessioni di dibattito (sia individuali che di gruppo), discussione e presentazioni individuali su alcune selezionate tematiche. Particolare attenzione verrà posta allo sviluppo delle abilità comunicative dei ragazzi che dovranno presentare il proprio elaborato di tesi. CAPACITA' DI APPRENDIMENTO Gli studenti, dovranno anche essere in grado di leggere autonomamente testi scientifici, discernendo le fonti di provenienza, e dovranno imparare a impiegare e integrare nozioni provenienti da più fonti. Sarà fortemente scoraggiata la tendenza degli studenti a limitare la propria conoscenza a quanto riportato nelle slides/dispense del corso. In particolare si indirizzeranno, affiancandoli, gli studenti verso uno studio autonomo, per esempio stimolandoli a comprendere i concetti più complessi attraverso lo studio di più testi, nei quali il medesimo argomento è trattato da diversi punti di vista.
English	LEARNING OUTCOMES: The learning outcome of the course is the acquisition of the knowledge to deal and develop advanced, sustainable, multifunctional and smart materials, in the frame of Industry 4.0 revolutionary scenario and in view of a possible technology transfer. The main topics will be sustainable polymers, composite and nanocomposite materials, elastomers, coatings and relevant production processes. At the end of the course, students should be able to: 1) know and deal with the fundamentals of advanced material science (compatibility, functionalization, wettability, etc.); 2) be able to communicate skilfully the acquired knowledge; 3) develop each and everyone potential throughout the study of the this discipline; 4) use the developed abilities to establish connections and correlations with the knowledge learnt in other courses; 5) develop creativity, scientific curiosity and passion for the study and the discipline. KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING



The course is aimed to provide the students the newest notions in advanced material science and technology and, in the same time, to stimulate their capacity to elaborate critically and correlate the acquired data and information, through the solution of practical problems and issues prepared by the teacher. Therefore, the course is articulated in lessons on the theory of advanced material science and exercises (both numerical and practical, as laboratory experiences). The students will be required to develop a critical approach to filter and give the right priority to the acquired information, in order to apply them in decision making processes and in the resolution of practical problems, in order to consolidate a durable knowledge of the topics.

APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING

During the course the students will be constantly required to apply the theoretical notions to the resolution of complex industrial problems, concerning the formulation and production of innovative materials and their technology transfer. This target will be achieved through practical exercises, laboratory experiences, the use of informatics instruments and project activities (this comprises the preparation of master thesis, for those who require it). The practical activities and exercises have the goal to stimulate the students to apply at the same time the knowledge acquired in different disciplines, throughout their course of the study, in order to integrate the knowledge, similarly to what will be expected, in a more complex way, in real working life.

MAKING JUDGMENTS

Supporting the students to develop critical minds is one of the major target of the course, that will be achieved through the development of these skills: 1) identification of the key matters/issues within a given topic and recovery of the relevant most important information, 2) evaluation and elaboration of possible solutions to a given problem in the most creative way, thinking outside the box, 3) to use multiple logical paths as well as by thinking and reasoning to analyze, summarize and create connections among the acquired information and available data, 4) to reflect and discuss critically the acquired notions.

COMMUNICATION SKILLS

The communication skills comprehend different behaviours, from the active to the reflective listening of the knowledge and topics proposed by the teacher or coming from other sources, to the confront with other students sharing and communicating each own ideas and believes. Some of the skills that are meant to be developed concern the right choice of communication methods and code, depending on the topics to be transmitted as well as on the audience involved and the aim of the communication (i.e. informative, motivational, , etc.). Each student shall be able to disseminate his knowledge and believes in a persuasive and effective way, either in written and oral form. During the course debates and discussions among single students or groups will be organized , as well as presentations will be required to be given by a single to the audience. Communication skills will be accurately checked for those students who intend to defend the master thesis

	LEARNING SKILLS Students will be required to be able to read independently scientific texts, distinguish the sources and learn how to use and integrate the knowledge coming from different sources. The students will be strongly discouraged to limit and base their knowledge only on the information shared and discussed during the lessons through slides or notes, on the contrary, they will be asked to search and integrate a number of different texts. They will be stimulated towards an independent study of complex concepts through the use of various sources, where the same topic is approached in different ways.
--	--

PREREQUISITI

Italiano	Conoscenze di base sulla Scienza e Tecnologia dei Materiali
<i>English</i>	Fundamentals of Material Science and Technology

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Il corso è articolato sullo studio di materiali avanzati, sostenibili, multifunzionali e smart materials, nello scenario di Industria 4.0 e al relativo trasferimento tecnologico. Si partirà con lo studio dei materiali compositi e nanocompositi a matrice polimerica, con particolari proprietà funzionali: materiali autodiagnostici, autoriparanti. Si proseguirà con lo studio dei materiali elastomerici e loro applicazioni industriali con particolare attenzione al caso della produzione di pneumatici. Si tratteranno poi i materiali polimerici sostenibili, e bio-based ibridi e compositi innovativi per additive manufacturing (3d printing). Si terminerà con cenni ai sistemi e delle metodologie industriali di rivestimento via spray e deposizione da fase vapore. In dettaglio il programma sarà il seguente: 1. Materiali compositi: materiali compositi a matrice polimerica (PMC), principali tipi di rinforzi e di matrici, compositi a fibre lunghe, fibre corte, particellari, nanocompositi, micromeccanica dei compositi unidirezionali e particellari, cenni alla teoria della lamina e del laminato. Case histories industriali. 2. Materiali Avanzati Polimeri bio-based Materiali autodiagnostici estrinseci (con sensori embedded) e intrinseci, materiali autoriparanti, autopulenti (con pigmenti fotocatalitici), stimoli responsive (in grado di modificare il proprio stato sotto stimolo esterno), a memoria di forma (sia metallici che polimerici). Concetti di compatibilità chimica, dispersione e funzionalizzazione di nanocariche, bagnabilità di superfici.
-----------------	---

	3. Materiali Elastomerici Materiali elastomeri e fillers, mescole elastomeriche, vulcanizzazione, correlazione tra le proprietà degli elastomeri e le proprietà tribologiche delle gomme, processi di produzione industriali delle gomme, metodi di caratterizzazione, applicazioni nel settore automobilistico. 4. Nuovi materiali per l'additive manufacturing (3d printing): progettazione e selezione dei materiali, processi di stampa 3d a filo e SLA. Stampa di Materiali Polimerici (termoplastici, tecnopolimeri, termoindurenti), Ceramiche, Compositi ed Elastomeri. Applicazioni in campo aerospaziale. 5. Ingegneria delle superfici: processi di termo spruzzatura (plasma spray, flame spray, arc spray, ecc.), cenni ai processi di deposizione da fase vapore. Cenni di Tribologia Esempi di applicazioni Industriali dei coatings: barriere termiche, rivestimenti trasparenti conduttori, rivestimenti antiusura e modificatori di attrito. Case histories industriali, con particolare riferimento al settore aerospaziale. 6. Esperienza di laboratorio: 1.realizzazione di un materiale composito via vacuum bagging, 2.studio del ciclo di vulcanizzazione di mescole elastomeriche 3. stampa 3d di un componente in materiale polimerico
English	The course is focused on sustainable, advanced, multifunctional and smart materials in the frame of Industry 4.0 and technology transfer. The topics are: bio-based and sustainable polymers, polymeric composite and nanocomposite materials with specific functions as self-monitoring, self-healing, etc. ; elastomers and their industrial application with a particular focus on tire production; innovative hybrid, polymeric and composite materials for additive layer manufacturing (3d printing); coatings and surface engineering via thermal spray or physical vapour deposition. More in detail: 1. Composite materials : polymeric matrix composites (PMC), main type of reinforces and matrices, continuous and discontinuous fiber composites, nanocomposites, micromechanics of unidirectional composites, fillers, fundamentals of macromechanics of the laminates. Industrial case histories. 2. Advanced materials Bio-based polymers, Extrinsic (with embedded sensors) and intrinsic self-diagnosis materials, self-healing , self-cleaning (with photocatalytic pigments and fillers) and stimuli responsive (i.e. changing properties under an external stimulus) materials. Shape memory polymers and metals. Concepts of chemical compatibility, dispersion and functionalization of nanofillers, wettability of surfaces. 3. Elastomers Elastomeric materials, fillers, elastomeric compounds, vulcanization, correlation between thermomechanical properties of elastomers and macroscopic properties. Industrial production process of rubbers, characterization methods, application in the automotive industry. 4. New materials for 'additive manufacturing (3d printing): design and selection of materials, printing processes for polymers: filament, SLS, SLA. Printing of polymers (thermoplastics, thermosets, technopolymers), ceramics, composites and elastomers. Industrial case histories, particularly in aerospace engineering.

	5. Surface Engineering Thermal spray processes (plasma spray, flame spray, arc spray, etc.), fundamentals of physical vapour deposition . Fundamentals of tribology. Industrial applications of coatings: thermal barrier, conductive transparent coatings, wear resistance and friction modification. Industrial Case histories. 6. Laboratory: 1. Production of composite material via vacuum bagging, 2. tests of vulcanization of elastomeric compounds 3. ALM of a technopolymeric material
--	---

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	- Callister's Materials Science and Engineering William D. Callister, David G. Rethwisch John Wiley & Sons Inc - Introduction to Polymers 3rd Edition Robert J. Young , Peter A. Lovell CRC Press Taylor and Francis Group - Le slides del corso saranno rese disponibili agli studenti
	- Callister's Materials Science and Engineering William D. Callister, David G. Rethwisch John Wiley & Sons Inc - Introduction to Polymers 3rd Edition Robert J. Young , Peter A. Lovell CRC Press Taylor and Francis Group - Slides will be provided to students

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza

☐ A distanza

Italiano	Il corso sarà impartito con una combinazione di più modelli didattici: lezioni frontali, esercitazioni, seminari, esperienze di laboratorio. Il corso sarà gestito con la modalità FLIPPED CLASSROOM. Pertanto verrà fornito molto materiale multimediale agli studenti che dovranno visionarlo e studiarlo individualmente o in gruppo, prima della discussione in classe. Nella prima parte saranno soprattutto impartite lezioni frontali, allo scopo di fornire le nozioni fondamentali sui materiali avanzati, che potranno essere applicate sia durante le esercitazioni che, ancora successivamente, durante le esperienze di laboratorio. La sequenza dell'applicazione di questi modelli di insegnamento è progressivamente spostata dalla teoria alla pratica, per ciascun argomento trattato. Nella parte terminale del corso vi saranno seminari singoli o piccoli cicli di seminari tenuti da esperti delle singole discipline provenienti dal mondo industriale e che offriranno anche, in funzione della disponibilità dell'azienda, possibilità di stage aziendali agli studenti per lo svolgimento della laurea magistrale. Su base volontaria, in funzione della disponibilità degli studenti, si svolgeranno nella parte finale del corso lezioni capovolte, in cui ciascuno studente potrà discutere una presentazione che avrà presentato su un topic cutting edge. L'apprendimento verrà verificato attraverso una prova di esame orale.
English	A combination of different teaching models will be applied to the course: lectures, exercises, seminars, laboratory experiences. The course will follow the FLIPPED CLASSROOM modality. Therefore specific multimedial material will be given to the students, that will be required to deal with it individually or as a group at home, before discussing with the teacher. the beginning, mostly lectures will be given, in order to allow the students to understand the theoretical fundamentals of advanced material science, that will be then applied in the resolution of exercises and laboratory experiences. The sequence of the application will progressively move from theory to application, from each topic. In the final part of the course seminars (single or a small cycle) will be given by experts coming from industry, that will address, depending on availability, stages possibility in industry for the preparation of the masterh thesis elaborate. Flipped classroom, will take place at the end of

	the course and the student, on a volunteer base, will be welcome to give a presentation on specific cutting edge topics.
--	--

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	Le lezioni frontali non hanno obbligo di frequenza (per quanto la frequenza sia fortemente consigliata).
English	Lectures are not obligatory (although the attendance is strongly recommended).

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

x☐ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica

☐ Valutazione in itinere ☐ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Dott. Mario Bragaglia
Prof.ssa Francesca Nanni

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. La valutazione finale è espressa in trentesimi.
English	The examination will be evaluated according to the following criteria: Ineligible: major deficiencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations.



	18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient. 21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning. 24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments. 27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment. 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. The final evaluation is expressed in thirtieths.
--	--