

# **Regolamento didattico del Corso di Studi in Ingegneria dei Materiali della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base dell'Università degli Studi di Napoli Federico II**

Classe delle Lauree Magistrali in Scienza e Ingegneria Industriale, Classe n. LM-53

## **Art.1. Definizioni**

Ai sensi del presente regolamento si intendono:

- a) per Scuola, la Scuola Politecnica e delle Scienze di Base dell'Università degli Studi di Napoli Federico II;
- b) per Dipartimento, il Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale (DICMAPI) dell'Università degli Studi di Napoli Federico II;
- c) per Regolamento sull'Autonomia didattica, di seguito denominato RAD, il Regolamento recante norme concernenti l'Autonomia Didattica degli Atenei di cui al D.M. del 3 novembre 1999, n. 509 come modificato e sostituito dal D.M. del 23 ottobre 2004, n. 270;
- d) per Regolamento Didattico di Ateneo (RDA), il Regolamento approvato dall'Università degli Studi di Napoli Federico II ai sensi dell'Art.11 del D.M. del 23 ottobre 2004, n. 270, emanato con D.R. 2014/2332 del 02/07/2014;
- e) per Decreti ministeriali, di seguito denominati DCL, i Decreti M.U.R. 16 marzo 2007 di determinazione delle classi delle lauree universitarie e delle classi delle lauree magistrali;
- f) per Corso di Studi in Ingegneria dei Materiali, di seguito denominato CdS, il Corso di Studi come individuato dall'Art. 2 del presente regolamento;
- g) per SUA-CdS (Scheda Unica Annuale riferita al singolo Corso di Studio) la documentazione prevista dal DM 47 del 30 gennaio 2013 per l'istituzione dei Corsi di Laurea e di Laurea magistrale e successive modificazioni;
- h) per Commissione di Coordinamento Didattico (CCD), l'organismo di governo del CdS, come individuato dall'Art. 3 del presente regolamento;
- i) per titolo di studio, la Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali, come definita dall'Art.2 del presente regolamento;
- j) per RAR il Rapporto Annuale di Riesame;

nonché tutte le altre definizioni di cui all'Art.1 del RDA.

## **Art. 2. Titolo e finalità del CdS**

Il presente regolamento disciplina il CdS in Ingegneria dei Materiali, appartenente alla Classe delle Lauree Magistrali in Scienza e Ingegneria dei Materiali, Classe n. LM-53, di cui alla tabella allegata al DCL e al relativo Ordinamento didattico riportato nella SUA-CdS, afferente alla Scuola e incardinato nel Dipartimento.

Durante il percorso formativo, che si articola in due anni, lo studente approfondisce le competenze nell'ambito della scienza e tecnologie delle diverse classi di materiali acquisite nel percorso di studi precedente. Nelle discipline dell'ingegneria sono forniti i fondamenti teorici delle equazioni costitutive di materiali omogenei ed eterogenei (termodinamica dei materiali) e sono approfonditi i legami fra gli aspetti morfologico-strutturali delle varie tipologie di materiali e le loro proprietà funzionali e strutturali (tecnologie di metalli, ceramici e polimeri) e le tematiche della resistenza alla corrosione e al degrado dei materiali (corrosione e protezione dei materiali) ed il loro impatto ambientale (sostenibilità ambientale dei materiali). Alle materie caratterizzanti si affiancano discipline affini e integrative di area ingegneristica e discipline matematiche, chimiche e fisiche. Le prime forniscono strumenti e tecniche per la progettazione e lo studio dei materiali compositi; le discipline matematiche, fisiche e chimiche completano il percorso formativo della Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali, fornendo allo studente conoscenze avanzate di metodi numerici per la simulazione del comportamento dei materiali, ed introducendo lo studente a tematiche di

frontiera nel campo dei materiali, quali la progettazione molecolare dei materiali ed i materiali per le nanotecnologie e l'elettronica Infine, lo studente può personalizzare il proprio percorso formativo attingendo tra numerosi corsi offerti per la scelta autonoma incentrati su svariate tematiche/classi di materiali, dalla simulazione del comportamento dei materiali allo stato solido e liquido fino ai materiali per il packaging, per il fotovoltaico, ai biomateriali, ai materiali per la tutela dei beni culturali.

L'obiettivo delle attività formative previste nel corso di studi è creare una figura di laureato magistrale in grado di progettare materiali con specifiche proprietà funzionali e strutturali, ottimizzare l'utilizzo dei materiali nelle specifiche applicazioni tecnologiche, (iii) combinare materiali per realizzare manufatti con specifiche proprietà, sviluppare ed implementare industrialmente la produzione di manufatti realizzati con varie tipologie di materiali, e gestire a livello tecnologico gli impianti di produzione. Il laureato magistrale in Ingegneria dei Materiali sarà inoltre capace di valutare l'impatto delle soluzioni ingegneristiche sul contesto sociale e fisico-ambientale, avendo acquisito consapevolezza delle proprie responsabilità professionali ed etiche e delle problematiche connesse ai contesti industriali ed alla cultura d'impresa. Egli sarà in grado di comunicare informazioni tecnico-scientifiche, idee, problemi e soluzioni a interlocutori specialisti e non, e disporrà di capacità di apprendimento che gli permetteranno di acquisire autonomamente nuove conoscenze e metodologie.

In riferimento agli ambiti occupazionali dell'Ingegnere dei Materiali, i principali sbocchi occupazionali in ambito industriale riguardano l'innovazione di prodotto e di processo, la progettazione avanzata, la gestione di sistemi produttivi complessi, e la qualificazione e diagnostica dei materiali. In dettaglio, il percorso formativo fornisce al laureato magistrale degli strumenti che gli consentano di inserirsi con successo presso aziende per la produzione, la trasformazione e lo sviluppo di materiali (metallici, polimerici, ceramici e compositi) per applicazioni nei campi meccanico, chimico, dell'edilizia, dei trasporti, dell'energia, biomedico, ambientale e dei beni culturali. La conoscenza profonda dei legami struttura-processo-proprietà dei materiali permette al laureato magistrale di proporsi presso laboratori industriali di aziende ed enti pubblici e privati. La possibilità di iscrizione all'Albo degli Ingegneri consente, inoltre, accesso alla libera professione. L'insegnamento presso istituti scolastici secondari ed Università rappresenta un ulteriore potenziale sbocco professionale.

### **Art. 3. Organizzazione del CdS**

Il CdS è retto dalla CCD che, ai sensi dell'Art. 4 del RDA, condivide con il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali, culturalmente affine. Fanno parte della CCD tutti i professori, inclusi i professori a contratto e i ricercatori responsabili di un insegnamento nel corso di studio, oltre che i rappresentanti degli studenti del CdS eletti nel Consiglio di Dipartimento.

La CCD:

- a) coordina l'attività didattica;
- b) esamina e approva i piani di studio presentati dagli studenti;
- c) esamina ed approva le pratiche didattiche relative a riconoscimenti di crediti, stage e/o tirocini formativi e l'internazionalizzazione all'interno dei programmi europei attivi;
- d) valuta l'idoneità di Lauree non europee ai fini dell'ammissione ai Corsi di Studio;
- e) istituisce al proprio interno il gruppo del riesame che elabora il RAR; il RAR è esaminato ed approvato dalla CCD e poi trasmesso alla Commissione paritetica docenti-studenti;
- f) sperimenta nuove modalità didattiche;
- g) espleta tutte le funzioni istruttorie;
- h) formula proposte e pareri in merito all'Ordinamento didattico, al Regolamento didattico e al Manifesto degli Studi del CdS, che il Coordinatore trasmette per l'approvazione al Consiglio di Dipartimento
- i) esprime parere su richieste di Nulla Osta per Anno Sabbatico o per insegnamenti presso altri Atenei;
- j) intrattiene i rapporti con la Segreteria Studenti in ordine alle carriere degli studenti;
- k) esamina e approva le proposte di cultori della materia;
- l) propone la composizione delle commissioni di esami di profitto e degli esami finali per il conseguimento del titolo di studio;
- m) svolge tutte le altre funzioni a essa delegate dal Consiglio del Dipartimento;
- n) può istituire una o più sottocommissioni con specifici compiti istruttori. Il Consiglio del Dipartimento può eventualmente attribuire alle sottocommissioni poteri deliberanti limitatamente ai punti b), c) e d).

La CCD è presieduta dal Coordinatore, che viene eletto dal Consiglio del DICMaPI tra i professori di ruolo a tempo pieno responsabili di un insegnamento nel CdS.

Il Coordinatore:

- a) convoca e presiede la CCD;
- b) promuove e coordina l'attività didattica del CdS e riferisce al Consiglio del DICMaPI e della Scuola;
- c) sottopone al Consiglio del DICMaPI e della Scuola le proposte della CCD e cura l'esecuzione delle delibere del CCD in materia didattica;
- d) collabora con il Direttore del DICMaPI e il Presidente della Scuola per i rapporti con il Nucleo di Valutazione e per la valutazione dei requisiti dell'offerta formativa.

#### **Art.4. Conoscenze richieste per l'accesso e offerta didattica integrativa**

Per essere ammessi al CdS occorre essere in possesso della Laurea, ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero riconosciuto idoneo. Ai sensi dell'Art. 6 D.M. 16 marzo 2007 sono previsti, inoltre, specifici criteri di accesso riguardanti: a) il possesso di requisiti curricolari, in accordo a quanto riportato al punto 4.1; b) l'adeguatezza della personale preparazione dello studente, in accordo a quanto riportato al punto 4.2. Fra i requisiti previsti è compresa comunque la documentata capacità di utilizzare correttamente, in forma scritta e orale, la lingua Inglese; in mancanza di quest'ultima, allo studente verrà richiesto di recuperare il corrispondente debito formativo durante lo svolgimento del CdS.

##### **4.1 Requisiti curricolari**

I requisiti curricolari sono automaticamente riconosciuti ai Laureati del corso di Laurea in Scienza e Ingegneria dei Materiali istituito presso questo Ateneo, ai sensi del D.M. 509/99 e del D.M. 270/04. Per gli studenti provenienti da altro Corso di studio di questo Ateneo, o da altro Ateneo, l'iscrizione al CdS non è consentita in difetto dei requisiti curricolari minimi di cui alla Tabella I. Il possesso di tali requisiti da parte del candidato è comunque valutato, eventualmente avvalendosi di un'apposita commissione istruttoria, dalla CCD, che riconosce al candidato, in tutto o in parte, i CFU conseguiti e decide eventuali integrazioni curricolari. La CCD dispone le modalità attraverso le quali queste ultime possono essere effettuate, selezionandole, in ragione dell'entità e della natura delle integrazioni richieste, tra le opzioni seguenti:

- a) integrazioni curricolari da effettuare anteriormente alla iscrizione, ai sensi dell'art. 6 comma 1 del D.M. 16 marzo 2007, mediante iscrizione a singoli corsi di insegnamento attivati presso l'Ateneo e superamento dei relativi esami di profitto, ai sensi dell'art. 16 comma 6 del RDA (cfr.: <http://www.unina.it/-/5601348-iscrizione-ai-corsi-singoli>).
- b) iscrizione ad un Corso di Laurea che dà accesso automatico al CdS con abbreviazione di percorso ed assegnazione di un Piano di Studi che prevede le integrazioni curricolari richieste per l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale.
- c) iscrizione al corso di Laurea Magistrale con assegnazione di un Piano di Studi che prevede le integrazioni curricolari richieste, in coerenza con l'art. 6 comma 3 del D.M. 16 marzo 2007. Questa opzione contempla la possibilità che le integrazioni curricolari richieste comportino un numero complessivo di CFU superiore a 120.

Fra i requisiti previsti è compresa comunque la documentata capacità di utilizzare correttamente, in forma scritta e orale, la lingua inglese; in mancanza di quest'ultima, allo studente verrà richiesto di recuperare il corrispondente debito formativo durante lo svolgimento del Corso di Studi.

<b>SSD</b>	<b>CFU minimi</b>
MAT/03, MAT/05, MAT/07, FIS/01, FIS/03, CHIM/07, ING-INF/05	60
ICAR/08, ICAR/09, ING-IND/08, ING-IND/13, ING-IND/14, ING-IND/15, ING-IND/16, ING-IND/21, ING-IND/22, ING-IND/31	36
CHIM/02, CHIM/03, CHIM/06, ING-IND/24	12

Tabella I

#### 4.2 Verifica della personale preparazione dello studente

Sono esonerati dalla verifica dell'adeguatezza della personale preparazione gli studenti che si trovano in una delle seguenti condizioni:

- a) studenti in possesso del titolo di Laurea che dà titolo alla iscrizione al Corso di Laurea Magistrale conseguito presso l'Ateneo Federico II a completamento di un Corso di Laurea al quale l'interessato si è immatricolato anteriormente al 1° settembre 2011;
- b) studenti che non si trovino nella condizione precedente per i quali la media  $M$  delle votazioni (in trentesimi) conseguite negli esami di profitto per il conseguimento del titolo di Laurea che dà accesso al Corso di Laurea Magistrale - pesate sulla base delle relative consistenze in CFU - e la durata degli studi  $D1$  espressa in anni di corso - confrontata con la durata normale  $D2$  del percorso di studi - soddisfino il seguente criterio di automatica ammissione:

Provenienti da Federico II			Provenienti da altri Atenei
$D1=D2$	$D1=D2+1$	$D1>D2+2$	$D1$ qualunque
$M\geq 21$	$M\geq 22.5$	$M\geq 24$	$M\geq 24$

Tabella II

Richieste di ammissione al Corso di Laurea Magistrale da parte di studenti in difetto dei criteri per l'automatica ammissione saranno esaminate dalla CCD che valuterà con giudizio insindacabile l'ammissibilità della richiesta, stabilendo gli eventuali adempimenti da parte dell'interessato ai fini dell'ammissione al Corso. La CCD potrà esaminare il curriculum seguito dall'interessato, eventualmente prendendo in considerazione le votazioni di profitto conseguite in insegnamenti caratterizzanti o in insegnamenti comunque ritenuti di particolare rilevanza ai fini del proficuo svolgimento del percorso di Laurea Magistrale, ovvero predisponendo modalità di accertamento (colloqui, test) per la verifica della adeguatezza della personale preparazione dello studente.

### Art.5. Articolazione degli studi

#### 5.1. Attività formative e relative tipologie

Per conseguire la Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali è necessario acquisire 120 Crediti Formativi Universitari (CFU) mediante il superamento degli esami, in numero non superiore a 12, e lo svolgimento delle altre attività formative previste, conformemente a quanto riportato nel presente regolamento.

Il quadro generale delle attività formative previste, stabilito dal piano dell'Offerta Didattica Programmata della SUA CdS, è riportato in Tabella I dell'Allegato I. L'Allegato II al presente regolamento specifica, per ciascuna attività formativa, e per ogni modulo da cui essa è eventualmente costituita:

- a) i Crediti Formativi Universitari (CFU),
- b) il settore scientifico-disciplinare di riferimento,
- c) le ore di lezione frontale dedicate alle lezioni e alle esercitazioni,
- d) gli obiettivi formativi specifici,
- e) i contenuti.

Non più del 50% dell'impegno orario complessivo associato ai CFU assegnati a ogni singola attività formativa può essere utilizzato per la didattica frontale; il resto deve essere riservato allo studio personale e ad altre attività formative di tipo individuale.

#### 5.2. Obsolescenza dei Crediti formativi universitari

I crediti acquisiti non sono di norma soggetti a obsolescenza, fatta salva la disciplina che regola le condizioni di decadenza dagli studi. L'obsolescenza di crediti formativi relativi a specifiche attività formative può essere deliberata dal Consiglio di Dipartimento, su proposta motivata della CCD. La delibera di obsolescenza riporterà l'indicazione delle modalità per la convalida dei crediti obsoleti, stabilendo le eventuali prove integrative che lo studente dovrà sostenere.

## **Art.6. Organizzazione didattica**

### **6.1. Tipo di organizzazione**

La durata normale del CdS è di 2 anni. Le attività formative programmate per ogni singolo anno sono somministrate in due periodi didattici, e si svolgono in tempi differenti da quelli dedicati agli esami, con l'eccezione degli appelli di esame dedicati a particolari categorie di studenti, secondo quanto specificato all'Art.9. Nell'Allegato II viene indicato, per ogni attività formativa, l'anno di corso in cui essa è programmata.

### **6.2. SUA-CdS**

Ogni anno la CCD deve provvedere, secondo il calendario temporale specificato dal MIUR e dall'Ateneo, alla programmazione delle attività formative attraverso la stesura della SUA-CdS. La SUA-CdS viene successivamente discussa e ratificata dagli organi di Ateneo e di Dipartimento competenti in materia, secondo i tempi e le modalità previste dalla legge. La SUA-CdS in particolare specifica:

- a) la collocazione delle attività formative nei periodi didattici previsti dal precedente comma 1;
- b) il quadro dell'offerta didattica erogata, definita in accordo con la programmazione didattica annuale della Scuola;
- c) il calendario delle sessioni di esame, in accordo alle regole specificate all'Art.9.

### **6.3. Piani di studio**

Ogni anno gli studenti possono presentare il Piano di studio per il successivo Anno Accademico. La presentazione ha luogo, di norma, entro il 31 Ottobre. Il Piano di studio può essere presentato anche prima dell'iscrizione all'anno accademico successivo e prima del versamento del bollettino di iscrizione. L'approvazione sarà comunque subordinata all'avvenuta iscrizione entro i termini previsti e alla conformità dei dati di iscrizione con quelli di presentazione del Piano di studio. I Piani di studio sono esaminati dalla CCD entro 30 giorni a partire dalla data di trasmissione alla CCD da parte della Segreteria Studenti. In mancanza di delibera entro quel termine, essi sono considerati approvati, purché osservino la normativa del DCL relativo alla Classe n. LM-53 (Classe delle Lauree Magistrali in Ingegneria dei Materiali) e le modalità previste dal presente regolamento. Qualora lo studente non perfezioni, nelle forme e nei tempi previsti per questo adempimento, l'iscrizione all'anno accademico cui il Piano di studio si riferisce, esso non avrà efficacia. In caso di mancata presentazione del Piano di studio entro i termini di scadenza, allo studente ne verrà assegnato d'ufficio uno comprendente i soli insegnamenti obbligatori per l'anno di corso a cui si iscrive. E' fatta salva la facoltà per lo studente di modificarlo nell'anno successivo entro i termini stabiliti. Esclusivamente allo studente che intenda presentare domanda di passaggio o di opzione è consentito di presentare contestualmente il Piano di studio in deroga alle scadenze previste.

### **6.4. Frequenza**

In considerazione del tipo di organizzazione didattica prevista nel presente regolamento e, in particolare, di quanto regola l'accertamento del profitto, di norma è prevista la frequenza obbligatoria a tutte le attività formative. In particolare, per gli insegnamenti che comprendono attività di Laboratorio, la frequenza ad almeno il 70% di esse è prerequisito per poter accedere alla valutazione.

Per gli insegnamenti nei quali la verifica del profitto include gli accertamenti in itinere, con prove da svolgersi durante lo svolgimento del corso, il prerequisito per accedere alla valutazione è l'aver svolto almeno il 70% delle prove.

### **6.5. Insegnamento a distanza (teledidattica)**

Per talune attività formative il Dipartimento, su proposta della CCD, potrà stabilire l'attivazione di modalità di insegnamento a distanza (teledidattica), in aggiunta alla modalità convenzionale. Lo studente che intenda avvalersi degli strumenti di insegnamento a distanza ne presenterà istanza, la quale sarà valutata dalla CCD. Lo studente la cui istanza di avvalersi di strumenti di insegnamento a distanza sia stata accolta favorevolmente è esonerato dagli obblighi di frequenza di cui al comma precedente, obblighi che saranno sostituiti da opportune e idonee verifiche delle attività da lui espletate in modalità remota; resta fermo che gli esami di profitto si svolgono in presenza.

## **Art.7. Orientamento e tutorato**

Nell'ambito della programmazione didattica, la CCD organizza le attività di orientamento e tutorato secondo quanto indicato nell'apposito Regolamento previsto dall'Art. 8 del RDA.

## **Art.8. Passaggi e trasferimenti**

Le domande di trasferimento presso il CdS di studenti provenienti da altro Ateneo o da altri Corsi di Studi dello stesso Ateneo fridericiano sono sottoposte all'approvazione della CCD, che ne delibera il riconoscimento dei crediti acquisiti. A questo fine, essa può istituire un'apposita commissione istruttoria che, sentiti i docenti del settore scientifico-disciplinare cui l'attività formativa afferisce, formuli proposte per la CCD.

In ottemperanza all'Art. 16 del RDA, nel caso in cui il trasferimento dello studente sia effettuato da un Corso di Studi appartenente alla medesima classe del CdS, la quota di CFU relativi al medesimo settore scientifico-disciplinare direttamente riconosciuti allo studente non sarà inferiore al 50% di quelli già conseguiti.

I crediti acquisiti in settori scientifico-disciplinari che non compaiono nei curricula del CdS potranno essere riconosciuti a condizione che le attività formative a cui fanno riferimento siano inserite in un Piano di studio approvato. Il mancato riconoscimento di CFU deve essere adeguatamente motivato. In base ai CFU riconosciuti, la CCD delibera l'anno di corso a cui iscrivere lo studente proveniente da altro corso di studio o da altro Ateneo.

## **Art.9. Esami e altre verifiche del profitto**

### ***9.1 Regolamento generale***

L'esame di profitto ha luogo per ogni insegnamento secondo le modalità generali disciplinate dall'art. 20 del Regolamento Didattico di Ateneo. Nel caso in cui l'insegnamento sia costituito da più moduli didattici, l'esame si riferisce alla totalità dei moduli didattici. Esso deve tenere conto dei risultati conseguiti in eventuali prove di verifica sostenute durante lo svolgimento del corso (prove in itinere).

Le prove di verifica effettuate in itinere sono inserite nell'orario delle attività formative. Le loro modalità sono stabilite dal docente nell'ambito del coordinamento generale degli insegnamenti impartiti nel medesimo periodo didattico, e comunicate agli allievi all'inizio del corso.

Le prove di esame e/o le prove in itinere possono consistere in:

- a) colloquio orale;
- b) elaborato in forma scritta e/o grafica;
- c) questionario/esercizio numerico
- d) prova di laboratorio
- e) sviluppo di attività progettuale.

Il superamento dell'esame determina l'acquisizione dei corrispondenti CFU.

Le attività didattiche prevedono il susseguirsi di periodi didattici (I e II periodo didattico) e periodi di esami (I periodo di esami: di norma tra la fine del primo periodo didattico e l'inizio del secondo; II periodo di esami: di norma tra la fine del secondo periodo didattico e l'inizio del periodo di vacanza accademica estiva; III periodo di esami: di norma tra la fine del periodo di vacanza accademica estiva ed il 30 settembre).

### ***9.2 Periodi didattici e periodi d'esami***

Gli studenti iscritti in corso agli anni diversi dall'ultimo non possono sostenere esami nel corso dei periodi didattici. Gli studenti iscritti all'ultimo anno del percorso normale di studi possono sostenere esami in debito a partire dalla conclusione dei corsi del I periodo didattico, anche al di fuori dei "periodi di esami" sopra indicati, seguendo la programmazione delle sedute di esame stabilita dalle Strutture Didattiche (Corso di Studi, Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale, Scuola Politecnica e delle Scienze di Base) di concerto con i docenti.

Gli studenti iscritti fuori corso possono sostenere esami durante tutto l'anno, secondo la programmazione delle sedute di esame stabilita dalle Strutture Didattiche di concerto con i docenti.

### **9.3 Calendario degli esami**

Le date di inizio e fine dei periodi didattici e le corrispondenti date di inizio e fine dei periodi di esami fanno parte del Calendario delle Attività Didattiche, stabilito all'inizio dell'Anno Accademico dalle Strutture Didattiche nell'ambito del coordinamento operato dalla Scuola. Il calendario dettagliato degli esami di profitto è pubblicato sul portale del Corso di Studi entro il 30 settembre di ogni anno.

### **9.4 Numero di appelli d'esame e loro distribuzione**

Per tutti gli insegnamenti curriculari che costituiscono il prospetto della Didattica Programmata del Corso di Studi e per gli studenti iscritti in corso è previsto un numero minimo di appelli, tra i quali devono intercorrere almeno 15 giorni solari, così articolato:

- due appelli nel primo periodo di esami;
- due appelli nel secondo periodo di esami;
- un appello nel terzo periodo di esami;
- un appello nel mese di ottobre;
- un appello nel mese di marzo.

I docenti possono prevedere appelli aggiuntivi rispetto a quelli precedentemente indicati, dandone tempestiva comunicazione alle Strutture Didattiche competenti. Se comunicate in tempo utile, le date degli appelli aggiuntivi saranno inserite nel calendario dettagliato degli esami pubblicato sul portale del Corso di Studi entro il 30 settembre di ogni anno. In ogni caso tutte le date di esame dovranno essere opportunamente pubblicizzate sui rispettivi siti docenti.

Il Calendario degli esami è stabilito dalle Strutture Didattiche, di concerto con i docenti titolari, assicurando la uniforme distribuzione degli appelli nei periodi di esame e la assenza di sovrapposizione di sedute di esame riferite ad insegnamenti impartiti nel medesimo periodo didattico.

### **9.5 Ripetizione di un esame**

Nell'ambito della disciplina generale stabilita dal Regolamento Didattico di Ateneo, si dispone che gli studenti possano sostenere un esame non superato senza alcuna limitazione, purché tra l'appello dell'esame sostenuto e il successivo siano trascorsi almeno 15 giorni solari.

## **Art.10. Tempi**

### **10.1. Percorso normale**

La durata normale del CdS è di 2 anni.

### **10.2 Iscrizione al secondo anno**

Lo studente decide autonomamente se iscriversi al secondo anno di corso oppure se iscriversi, su richiesta scritta da presentare alla Segreteria Studenti entro i termini previsti per l'iscrizione, come ripetente al primo anno. Lo studente che si iscrive come ripetente ha accesso alle stesse sessioni di esame previste per gli studenti fuori corso di cui al punto 3 del presente articolo.

### **10.3 Studenti fuori corso**

Si considera fuori corso lo studente che, in rapporto alla durata normale degli studi, non abbia superato tutti gli esami di profitto previsti dal regolamento didattico del CdS e quindi non abbia acquisito, entro tale durata, il numero di CFU necessario al conseguimento del titolo di studio.

Lo studente fuori corso non ha obblighi di frequenza e al maturare del numero dei CFU previsti per il conseguimento del titolo di studio può sostenere la prova finale indipendentemente dal numero di anni di iscrizione all'Università.

## **Art.11. Esame di laurea**

La prova finale necessaria al conseguimento del titolo accademico di Dottore in Ingegneria dei Materiali consiste nella stesura e discussione di una tesi di laurea, in forma di elaborato originale prodotto in modo

autonomo dallo studente sotto la guida di un relatore. Per essere ammesso all'esame di Laurea Magistrale, lo studente deve avere acquisito tutti i crediti formativi previsti dal suo Piano di studi ad eccezione di quelli relativi alla preparazione e alla discussione della tesi di laurea. Inoltre, è necessario che lo studente abbia adempiuto ai relativi obblighi amministrativi.

Ai fini della redazione della tesi di Laurea Magistrale, è previsto che lo studente svolga individualmente la fase di studio approfondito di un problema tecnico progettuale, esamini criticamente la documentazione disponibile ed elabori il problema con tecniche d'indagine sperimentale o di calcolo, fino a giungere alla proposizione di soluzioni ingegneristiche adeguate. Il relatore, eventualmente coadiuvato da uno o più co-relatori, assolve alle seguenti funzioni:

- a) attesta l'avvenuto proficuo svolgimento delle eventuali attività propedeutiche;
- b) valuta lo stato di avanzamento complessivo delle attività finalizzate alla predisposizione dell'elaborato, verificando che sussistano le condizioni perché l'allievo possa presentarsi a sostenere con profitto l'esame di Laurea Magistrale;
- c) guida l'allievo nella predisposizione dell'elaborato di tesi;
- d) assiste l'allievo nella preparazione dell'esame di Laurea Magistrale

Il lavoro di tesi può essere svolto presso i dipartimenti e i laboratori dell'Ateneo o presso strutture pubbliche o private con le quali siano stabiliti rapporti di collaborazione. Se le attività sono svolte extra-moenia, detto N il numero di CFU attribuiti alla prova finale, il massimo numero di CFU per le attività di preparazione svolte all'estero è di N-1, essendo l'ultimo CFU riservato alla preparazione della presentazione e alla esposizione nel corso della prova finale. È facoltà dello studente scrivere o discutere l'elaborato lingua inglese. Al termine della esposizione, la Commissione formula il voto di Laurea tenendo conto:

- a) della qualità dell'elaborato presentato alla discussione e della sua esposizione;
- b) della media dei voti ottenuti negli insegnamenti inclusi nel curriculum dello studente, pesati per il numero di CFU attribuiti a ciascun insegnamento;
- c) delle eventuali attività integrative svolte dallo studente, quali tirocini, periodi di studio in Università e centri di ricerca italiani e stranieri.

## **Art. 12. Opzioni dai preesistenti Ordinamenti all'Ordinamento ex D.M. 270/04**

Gli studenti iscritti al Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria dei Materiali dell'ordinamento ex D.M. 509/99 possono optare per l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali dell'ordinamento ex D.M. 270/04. Il riconoscimento degli studi compiuti sarà deliberato dalla CCD, previa valutazione in crediti degli insegnamenti dell'ordinamento di provenienza e la definizione delle corrispondenze fra gli insegnamenti/moduli dell'ordinamento ex D.M. 270/04 e di quello di provenienza. L'Allegato III al presente regolamento riporta le modalità di opzione.

Allo studente possono essere riconosciuti anche CFU relativi ad attività formative collocate in anni successivi a quello a cui è stato iscritto.

## **Art.13. Interruzione degli studi**

Lo studente che non abbia superato esami per cinque anni accademici consecutivi a partire dall'ultimo esame superato decade dal suo status. La decadenza va comunicata allo studente a mezzo posta elettronica certificata o altro idoneo mezzo che ne attesti la ricezione.

Lo studente ha facoltà in qualsiasi momento di rinunciare al proseguimento degli studi intrapresi. La dichiarazione di formale rinuncia comporta la perdita di ogni diritto sulle tasse, sui contributi versati e sugli esami superati, fermo restando il diritto a ricevere attestazione degli studi compiuti e la restituzione di documenti eventualmente depositati all'atto dell'immatricolazione con l'annotazione della intervenuta rinuncia. Tale rinuncia non preclude il riconoscimento degli esami superati in una successiva eventuale immatricolazione.



## Allegato I

**Tabella I - Manifesto degli studi del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali 2020/21**

Attività formativa	Modulo (ove presente)	CFU	SSD	Tipologia (*)
<b>I Anno – 1° Semestre</b>				
Modelli e metodi numerici per l'ingegneria dei Materiali		6	MAT/07	4
Tecnologie dei Materiali Ceramici		9	ING-IND/22	2
Metallurgia ed elementi di tecnologia dei metalli		7	ING-IND/21	2
<b>I Anno – 2° Semestre</b>				
Scienza e tecnologia dei polimeri	Scienza dei polimeri	6	ING-IND/22	2
	Tecnologie dei polimeri	6	ING-IND/22	2
Tecnologie dei materiali compositi		9	ING-IND/16	4
Termodinamica dei Materiali		9	ING-IND/22	2
<b>II Anno – 1° Semestre</b>				
Progettazione molecolare dei materiali		6	CHIM/03	2
Corrosione e protezione dei materiali		8	ING-IND/21	2
Materiali per le nanotecnologie	Materiali nanostrutturati	6	FIS/03	2
<b>II Anno – 2° Semestre</b>				
Materiali per le nanotecnologie	Nanotecnologie per l'elettronica	6	FIS/03	2
Sostenibilità Ambientale dei Materiali		6	ING-IND/22	2
Attività formative a scelta autonoma dello studente (**)		0-18		3
Altre attività formative: <b>Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro</b>		3		6
Collocazione: I o II semestre del II anno				
Prova finale		15		5

(\*) Legenda delle tipologie delle attività formative ai sensi del DM 270/04

Attività formativa	1	2	3	4	5	6	7
rif. DM270/04	Art. 10 comma 1, a)	Art. 10 comma 1, b)	Art. 10 comma 5, a)	Art. 10 comma 5, b)	Art. 10 comma 5, c)	Art. 10 comma 5, d)	Art. 10 comma 5, e)

(\*\*) Lo studente deve scegliere attività per un totale di 18 CFU liberamente distribuiti tra I e II anno. Gli esami suggeriti in Tabella B garantiscono l'automatica approvazione del piano di studi.

**Tabella B – Insegnamenti suggeriti per la scelta autonoma (\*\*\*)**

Attività formativa	CFU	SSD	Note
<b>1° semestre</b>			
<b>Biomateriali</b>	6	ING-IND/34	
<b>Ingegneria dei materiali nanofasici per l'energetica e la sensoristica</b>	6	ING-IND/22	
<b>Laboratorio avanzato di nanomateriali e nanostrutture</b>	6	FIS/03	
<b>Materiali per la tutela dell'ambiente</b>	6	ING-IND/22	
<b>Simulazione del comportamento fluidodinamico dei materiali</b>	6	ING-IND/26	
<b>2° semestre</b>			
<b>Elementi di modellazione numerica per l'ingegneria</b>	6	ING-IND/22	
<b>Materiali innovativi per applicazioni strutturali</b>	6	ICAR/09	
<b>Materiali e tecniche per la tutela dei beni culturali</b>	9	ING-IND/22	
<b>Materiali e tecnologie per il fotovoltaico</b>	6	ING-IND/22	
<b>Materiali e tecnologie per il packaging</b>	6	ING-IND/22	Offerto al II anno
<b>Meccanica dei fluidi complessi</b>	6	ING-IND/24	
<b>Organi artificiali e protesi</b>	6	ING-IND/34	
<b>Simulazione del comportamento strutturale dei materiali</b>	6	ICAR/08	
<b>Trattamenti superficiali dei materiali</b>	6	ING-IND/21	

(\*\*\*) La scelta di esami riportati nella Tabella B garantisce l'automatica approvazione del piano di studi. A meno di indicazioni diverse nella colonna "Note", tutti gli esami elencati sono offerti sia al I che al II anno di corso.

## Allegato II

### Schede degli insegnamenti

<b>Insegnamento:</b> Modelli e Metodi Numerici per l'Ingegneria dei Materiali	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> MAT/07
<b>Ore di lezione:</b> 32	<b>Ore di esercitazione:</b> 16
<b>Anno di corso:</b> I	Semestre: I
<b>Obiettivi formativi:</b> Dopo questo corso l'allievo/a sarà capace di: (i) risolvere equazioni a derivate parziali usando metodi numerici; (ii) usare il metodo delle differenze finite ed il metodo degli elementi finiti; (iii) usare Matlab per il calcolo scientifico; (iv) modellare problemi d'Ingegneria con equazioni a derivate parziali. Obiettivo precipuo del corso sarà quello di fornire all'allievo gli strumenti necessari ad affrontare problemi governati da sistemi di equazioni a derivate parziali. L'allievo sarà in grado, a partire dal problema fisico, di definire il modello matematico, di sviluppare il codice numerico e valutarne la correttezza. A tal fine saranno sviluppate specifiche attività intra-corso, con partecipazione diretta degli allievi, su problemi di interesse industriale.	
<b>Contenuti:</b> Questo corso si propone di fornire conoscenze avanzate di metodi numerici per risolvere Equazioni a Derivate Parziali (EDP) che intervengono in problemi di Ingegneria dei Materiali. I seguenti argomenti saranno trattati: Conduzione del calore e diffusione, incluso i mezzi porosi; Metodo delle differenze finite, incluso il metodo delle linee; Metodo degli elementi finiti; EDP paraboliche, iperboliche, ellittiche; Calcolo scientifico su piattaforma Matlab; Onde; Diffusione in due e tre dimensioni spaziali.	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b> Nessuna	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni ed esercitazioni	
<b>Materiale didattico:</b> Appunti distribuiti durante il corso; B. D'Acunto, Matlab per Ingegneria, Maggioli Editore, 2019.	
<b>Modalità di esame:</b> Prova orale e sviluppo di un programma Matlab relativo a specifico problema d'Ingegneria dei materiali.	

<b>Insegnamento:</b> Metallurgia ed Elementi di Tecnologia dei Metalli	
<b>CFU:</b> 7	<b>SSD:</b> ING-IND/21
<b>Ore di lezione:</b> 42	<b>Ore di esercitazione:</b> 14
<b>Anno di corso:</b> I	<b>Semestre:</b> I
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> Il corso di Metallurgia ed Elementi di Tecnologia dei Metalli ha lo scopo di fornire all'allievo le principali nozioni relative alla produzione di manufatti metallici a partire dalle materie prime fino al prodotto finale. Verranno trattate le strutture cristalline dei metalli, i processi legati alla solidificazione ed all'alligazione, i diversi trattamenti termici finalizzati a dare al manufatto determinate caratteristiche in funzione della destinazione d'uso. Una parte del corso sarà dedicata allo studio delle proprietà meccaniche e come esse siano correlate alla struttura microscopica del metallo. Infine, si studieranno le tecniche di metallografia e i principali metodi di analisi di una struttura metallica.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Lo studente sarà in grado di indicare la lega metallica più adatta ad un determinato scopo, i trattamenti necessari affinché acquisti determinate caratteristiche ed i metodi di analisi necessari per valutarne le proprietà.</p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> L'allievo sarà in grado, autonomamente, di comprendere le problematiche relative a taluni aspetti del funzionamento di un manufatto metallico evidenziandone le criticità</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> L'allievo avrà la capacità di far parte di gruppi multidisciplinari e mettere al servizio di un obiettivo comune le proprie conoscenze.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Lo studente imparerà a reperire fonti qualificate e ad utilizzarle autonomamente ai fini di un aggiornamento continuo delle sue competenze culturali relative ai materiali metallici.</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>Strutture cristalline dei metalli, trasformazione di fase e microstrutture delle leghe, comportamento alle sollecitazioni e prove meccaniche, produzione dei materiali metallici, metallurgia delle leghe ferrose, metallurgia delle leghe di rame, metallurgia delle leghe di alluminio, metallurgia delle leghe di titanio, metallurgia delle superleghe e leghe per alte temperature, metallografia, analisi al microscopio elettronico di una lega metallica. Tecniche di additive manufacturing di metalli.</p>	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni frontali, visite in laboratorio ed esercitazioni	
<b>Materiale didattico:</b> A. Cigada, T. Pastore, Struttura e proprietà dei materiali metallici, McGraw-Hill; I. Crivelli Visconti – Scienza dei Metalli, Liguori Ed.; A. Sili, Metallurgia, edito da AIM, versione Kindle; dispense distribuite dal docente.	
<b>Modalità di esame:</b> Prova finale scritta.	

<b>Insegnamento:</b> Tecnologie dei Materiali Ceramici	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-IND/22
<b>Ore di lezione:</b> 72	<b>Ore di esercitazione:</b> -
<b>Anno di corso:</b> I	<b>Semestre:</b> I
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  Il corso si prefigge di fornire gli strumenti, di base ed applicativi, necessari per la conoscenza dei materiali ceramici in termini di progettazione, produzione, caratterizzazione e utilizzazione.</p>	
<p><b>Contenuti:</b>  Materiali ceramici tradizionali. Argille. Struttura e classificazione e proprietà tecnologiche dei minerali delle argille. Smagranti. Fondenti carbonatici e feldspatici. Ciclo tecnologico di produzione dei M.C.: purificazione delle materie prime, macinazione, miscelazione, omogeneizzazione, formatura, essiccazione, vetrinatura – smaltatura, decorazione e cottura. Tecniche di caratterizzazione chimica, fisica, mineralogica e meccanica dei MC. Principali tipologie di prodotti ceramici e relativi campi di applicazione. Refrattari ed isolanti ceramici. Vetri e vetroceramiche. Leganti aerei ed idraulici. Materiali ceramici speciali. Relazioni tra struttura, microstruttura e proprietà. La conducibilità elettrica nei materiali ceramici; conducibilità intrinseca ed estrinseca. Composti non stechiometrici: FeO; TiO<sub>2</sub>; ZnO. Sensori di gas e di umidità. Conduttori cationici: NaCl drogato con MnCl<sub>2</sub>; AgCl drogato con CdCl<sub>2</sub>. Elettroliti solidi: AgI; RbAg<sub>4</sub>I<sub>5</sub>; beta-allumine. Applicazioni degli elettroliti solidi: Batteria Na/S; Batteria ZEBRA. Conduttori anionici: PbF<sub>2</sub> e ZrO<sub>2</sub> stabilizzata con CaO e ZrO<sub>2</sub>. Applicazioni dei conduttori anionici: sensori di O<sub>2</sub> a base di CSZ e TiO<sub>2</sub>; sonde LAMBDA; celle a combustibile SOCF. Produzione dei materiali ceramici speciali. Sinterizzazione delle polveri ceramiche in fase solida, liquida e sotto pressione: aspetti fenomenologici ed ottimizzazione dei parametri di processo. Esempi di materiali ceramici speciali: nitruro di silicio, sialoni, carburo di silicio, zirconia. Materiali ceramici tenaci. Caratterizzazione meccanica dei materiali ceramici mediante approccio statistico di Weibull.</p>	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni	
<p><b>Materiale didattico:</b> Presentazioni PPT; W.D. Kingery - H.K. Bowen - D.R. Uhlmann, <i>Introduction to Ceramics</i>, 2nd Edition, John Wiley and Sons Ed.; D.W. Richerson, <i>Modern Ceramic Engineering</i>, Marcel Dekker Ed; J.S. Reed, <i>Principles of ceramic processing</i>, John Wiley and Sons Ed.</p>	
<b>Modalità di esame:</b> prova scritta finale	

<b>Insegnamento:</b> Scienza e Tecnologia dei polimeri	
<b>Modulo:</b> Scienza dei Polimeri	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/22
<b>Ore di lezione:</b> 38	<b>Ore di esercitazione:</b> 10
<b>Anno di corso:</b> I	Semestre: II
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione.</i> Lo studente deve dimostrare di: (i) conoscere i materiali polimerici essendo capace di correlarne le proprietà alle metodologie di sintesi e alla loro struttura molecolare; (ii) conoscere le principali tecniche di caratterizzazione dei materiali polimerici;</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione.</i> Lo studente deve dimostrare di essere in grado di: (i) applicare le conoscenze acquisite riuscendo a selezionare opportunamente il materiale polimerico più adatto alla specifica applicazione cui è destinato; (ii) identificare le indagini sperimentali più adatte allo studio delle caratteristiche del materiale.</p> <p><i>Autonomia di giudizio.</i> Lo studente deve dimostrare di: (i) possedere spirito critico analizzando vantaggi e svantaggi derivanti dall'impiego di materiali polimerici rispetto ad altre classi di materiali; (ii) saper discutere e commentare i risultati di analisi sperimentali comuni nel campo dei materiali polimerici; (iii) di confrontare soluzioni alternative a problematiche connesse all'impiego di materiali polimerici.</p> <p><i>Abilità comunicative.</i> Lo studente deve maturare capacità comunicative sufficienti a: (i) trasmettere in forma scritta e orale le conoscenze acquisite con padronanza di linguaggio, riuscendo a spiegare concetti e nozioni riguardanti i materiali polimerici sia a tecnici specializzati sia a persone non esperte; (ii) sintetizzare concetti complessi utilizzando correttamente un linguaggio tecnico.</p> <p><i>Capacità di apprendimento.</i> Lo studente deve essere in grado di: (i) aggiornarsi o ampliare le proprie conoscenze nel campo dei materiali polimerici attingendo in maniera autonoma a testi e articoli scientifici; (ii) consultare schede tecniche e documentazione di laboratorio.</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>1) Nozioni generali sui materiali polimerici (0,5 CFU): concetto di macromolecola; peso molecolare medio, polimeri termoplastici e termoindurenti, polimeri lineari, ramificati, reticolati. 2) Cenni sulla sintesi di macromolecole (0.25 CFU): poliaddizioni, policondensazioni e polimerizzazioni ioniche; polimerizzazioni di interesse industriale. 3) Struttura di macromolecole polimeriche (1 CFU): tecniche sperimentali di determinazione dei pesi molecolari: light scattering, metodo viscosimetrico e cromatografia. 4) Modellazione microreologica (0.75 CFU): il modello del dumbbell, reptation, leggi di scala in polimeri entanglati lineari e ramificati, constraint release. 5) Polimeri amorfi (0,5 CFU): conformazione delle catene polimeriche, mobilità molecolare; transizione vetrosa e metodi di misura della Tg. 6) Polimeri semicristallini (0.5 CFU): struttura dei cristalli polimerici, cinetica e termodinamica della cristallizzazione metodi di determinazione della frazione cristallina. 7) Correlazioni struttura-proprietà (0.5 CFU): diffusione e permeabilità, proprietà ottiche, proprietà termiche. 8) Proprietà viscoelastiche (0.75 CFU): modulo di cedevolezza e di rilassamento, proprietà dinamico-meccaniche, principio di sovrapposizione di Boltzmann, principio di sovrapposizione tempo-temperatura, modelli viscoelastici discreti e spettri continui. 9) Proprietà meccaniche (0.75 CFU): processi molecolari di snervamento e microcavitazione, criteri di cedimento, proprietà meccaniche di fibre polimeriche. 10) Cenni su polimeri per usi speciali e riciclaggio di materie plastiche (0.25 CFU). 11) Esercitazioni di laboratorio (0.25 CFU): analisi calorimetriche (DSC e TGA), meccaniche (statiche e dinamico-meccaniche) e reologiche (reometria rotazionale e melt flow index).</p>	
<b>Prerequisiti/Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> lezioni e prove in laboratorio.	
<b>Materiale didattico:</b> 1) "Scienza e tecnologia dei materiali polimerici", S. Bruckner et al., EdiSES; 2) "Polymer Physics", M. Rubinstein & R. H. Colby, Oxford University Press; 3) Appunti dalle lezioni.	
<b>Modalità di esame:</b> Esame scritto (durata 2 ore; da 6 a 8 domande a risposta aperta) seguito da colloquio orale. Possono essere fissate prove intercorso facoltative.	

<b>Insegnamento:</b> Scienza e Tecnologia dei polimeri	
<b>Modulo:</b> Tecnologie dei Polimeri	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/22
<b>Ore di lezione:</b> 32	<b>Ore di esercitazione:</b> 16
<b>Anno di corso:</b> I	<b>Semestre:</b> II
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione.</i> Lo studente deve dimostrare di: (i) conoscere i materiali polimerici correlandone le proprietà e gli scopi applicativi alle tecnologie di processo e alla loro struttura; (ii) conoscere le tecniche di trasformazione dei materiali polimerici; (iii) saper comprendere le problematiche relative all'impiego di polimeri per applicazioni strutturali e funzionali.</p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione applicate.</i> Lo studente deve dimostrare di essere in grado di: (i) applicare le conoscenze acquisite selezionando opportunamente materiale e tecnologia di trasformazione più adatti alla specifica applicazione; (ii) identificare le indagini sperimentali più adatte allo studio del processo di trasformazione; (iii) progettare il prodotto e selezionare il processo per una specifica applicazione ed una specifica scala di produzione.</p> <p><i>Autonomia di giudizio.</i> Lo studente deve dimostrare di: (i) possedere spirito critico analizzando vantaggi e svantaggi derivanti dall'impiego di differenti tecnologie di trasformazione di materie plastiche; (ii) saper discutere e commentare le variabili di processo di un impianto di trasformazione; (iii) confrontare soluzioni alternative a problematiche connesse all'impiego di materiali polimerici.</p> <p><i>Abilità comunicative.</i> Lo studente deve maturare capacità comunicative sufficienti a: (i) trasmettere in forma scritta e orale le conoscenze acquisite con padronanza di linguaggio, riuscendo a spiegare concetti e nozioni riguardanti i materiali polimerici sia a tecnici specializzati sia a persone non esperte; (ii) sintetizzare concetti complessi utilizzando correttamente un linguaggio tecnico.</p> <p><i>Capacità di apprendimento.</i> Lo studente deve essere in grado di: (i) aggiornarsi o ampliare le proprie conoscenze nel campo dei materiali polimerici attingendo in maniera autonoma a testi e articoli scientifici; (ii) consultare schede tecniche e di processo; (iii) comprendere in maniera autonoma e senza il supporto del docente argomenti complessi seguendo seminari, conferenze e corsi specifici.</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>Processi di estrusione (1 CFU): analisi delle funzioni e modellazione delle operazioni unitarie coinvolte nei processi di estrusione; trattamento del particolato solido; fusione; pompaggio; miscelazione; formatura in testa. Stampaggio a iniezione (1 CFU): analisi delle funzioni e modellazione delle operazioni unitarie coinvolte nei processi di stampaggio ad iniezione; funzioni e caratteristiche di progettazione essenziali dei componenti dello stampaggio ad iniezione come sprue, runner e gate; pattern del flusso nello stampaggio; fenomeni di cristallizzazione durante lo stampaggio. Altre tecnologie (1 CFU): analisi delle altre tecnologie per la trasformazione delle materie plastiche; formatura secondaria, a valle del processo di estrusione; calandratura; tecniche a bassa produttività. Processi di schiumatura (0.5 CFU): analisi delle funzioni e modellazione delle operazioni unitarie coinvolte nei processi di schiumatura; schiumatura con agenti espandenti fisici; schiumatura con agenti espandenti chimici; schiumatura per aereazione; fenomeni di coalescenza delle bolle. Tecnologie di termoindurenti (1 CFU): reaction injection molding; pultrusione; compression molding. Gli additivi nelle tecnologie di trasformazione (0.5 CFU): analisi delle classi di additivi utilizzate nell'industria polimerica; agenti antinfiamma, agenti nucleanti, agenti antiossidanti, coloranti, neutralizzatori di acidità, agenti reticolanti, plasticizzanti, antistatici, anti UV, stabilizzatori di processo. Progettazione del prodotto e selezione dei processi (0.75 CFU): Requisiti fondamentali nella selezione dei processi in base al tipo e al grado di polimero, alla forma, alle dimensioni, alle caratteristiche del prodotto ed alla scala di produzione. Esercitazioni di laboratorio (0.25 CFU): estrusione di termoplastici; espansione di poliuretano.</p>	
<b>Prerequisiti/Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> lezioni e prove in laboratorio	
<p><b>Materiale didattico:</b> 1) "Scienza e tecnologia dei materiali polimerici", S. Bruckner, et. al., EdISES; 2) "Principles of Polymer Processing", Z. Tadmor e C. G. Gogos, Wiley; "Rheology and Processing of Polymeric Materials, vol. 2, Polymer Processing", C.D. Han, Oxford University Press; 4) Appunti dalle lezioni e materiale didattico procurato dal docente.</p>	
<p><b>Modalità di esame:</b> Esame scritto (durata 2 ore; da 6 a 8 domande a risposta aperta) seguito da colloquio orale. Possono essere fissate due prove intercorso facoltative (prove scritte della durata 1,5/2 ore; da 4 a 8 domande a risposta aperta) che, se superate, consentono di accedere direttamente al colloquio orale.</p>	

<b>Insegnamento:</b> Tecnologie dei Materiali Compositi	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-IND/16
<b>Ore di lezione:</b> 60	<b>Ore di esercitazione:</b> 12
<b>Anno di corso:</b> I	Semestre: II
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione</i> - Lo studente acquisirà conoscenza dei principali sistemi compositi a matrice polimerica per uso strutturale, della loro meccanica e delle tecnologie industriali per la loro fabbricazione.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i> - Lo studente sarà in grado di progettare un laminato, valutando i vantaggi e svantaggi delle tecnologie di fabbricazione offerte dal panorama industriale.</p> <p><i>Autonomia di giudizio</i> - Lo studente saprà autonomamente selezionare i materiali di base e le tecnologie di fabbricazione più opportune per un'applicazione assegnata.</p> <p><i>Abilità comunicative</i> - Lo studente acquisirà la capacità di interagire con persone di differente origine culturale per illustrare in modo chiaro e comprensibile i concetti fondamentali del comportamento meccanico e dei metodi di fabbricazione dei compositi a matrice plastica.</p> <p><i>Capacità di apprendere</i> - Lo studente imparerà a reperire fonti qualificate e ad utilizzarle autonomamente ai fini di un aggiornamento continuo delle sue competenze culturali.</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>Introduzione: proprietà delle fibre e delle matrici; lamine e laminati. Comportamento meccanico dei materiali compositi. Macromeccanica della lamina: comportamento elastico e resistenze. Metodi di caratterizzazione della lamina. Micromeccanica della lamina. Teoria della laminazione. Comportamento elastico e resistenza dei laminati. Effetto della temperatura e dell'umidità sul comportamento di un laminato. Cenni sugli effetti della fatica e dell'impatto su struttura e proprietà di un composito. Principali proprietà dei laminati di interesse ingegneristico. Metodi di fabbricazione dei manufatti in composito a matrice plastica. Stratificazione manuale. Taglio e spruzzo. Tecnologia dell'autoclave. Resin transfer molding. Filament winding. Pultrusione. Stampaggio per compressione. Wrapping. Stampaggio ad iniezione. Diafragma forming.</p>	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni ed esercitazioni	
<b>Materiale didattico:</b> I. Crivelli Visconti, G. Caprino, A. Langella, Materiali Compositi, Hoepli; S. K. Mazumdar – Composites Manufacturing, CRC Press; R. Jones – Mechanics of Composite Materials, Taylor & Francis.	
<b>Modalità di esame:</b> Prova finale scritta.	



<b>Insegnamento:</b> Termodinamica dei materiali	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-IND/22
<b>Ore di lezione:</b> 56	<b>Ore di esercitazione:</b> 16
<b>Anno di corso:</b> I	Semestre: II
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  Il corso si propone di approfondire le applicazioni della termodinamica macroscopica per la definizione del comportamento costitutivo dei materiali e delle loro miscele. L'obiettivo principale è quello di fornire all'allievo gli strumenti teorici per l'analisi del comportamento termodinamico di materiali omogenei ed eterogenei nei diversi stati di aggregazione.</p>	
<p><b>Contenuti:</b>  1° e 2° principio della termodinamica: concetto di corpo e stato, lavoro ed energia cinetica, forma locale ed integrale del 1° principio, forma locale ed integrale del 2° principio. Stato ed equilibrio: variabili di stato interne ed esterne, variabili di sito, concetto di equilibrio, le classi costitutive, sistemi 'elastici' e sistemi dissipativi, il 2° principio e sistemi con variabili di stato 'esterne' e con variabili di stato 'interne', relazioni di Maxwell, le condizioni di equilibrio. Sistemi reattivi: reazioni in fase omogenea, termostatica delle reazioni in fase omogenea. Sistemi multicomponente: proprietà parziali molari, la relazione di Gibbs-Duhem, il processo di miscelazione, valutazione delle proprietà parziali molari, relazioni tra grandezze parziali molari, il potenziale chimico, la fugacità, l'attività e il coefficiente di attività, soluzioni ideali e soluzioni reali, teorie delle soluzioni, il caso delle soluzioni 'regolari', modelli atomistici. Condizioni di equilibrio: a) condizioni di equilibrio in sistemi non reattivi mono-componente, monofasici e nonuniformi, in presenza e non di campi esterni; b) condizioni di equilibrio in sistemi non reattivi mono-componente multifasici; c) condizioni di equilibrio in sistemi multicomponente multifasici non reattivi. Termodinamica delle transizioni di fase: sistemi mono-componente bi-fasici, sistemi multi-componente bi-fasici, transizioni speciali, transizione vetrosa, diagrammi di fase per sistemi mono-componente, l'equazione di Clausius-Clapeyron, diagrammi di fase in sistemi multi-componente. Termodinamica dei diagrammi di fase: diagrammi energia libera – composizione, modelli termodinamici per i diagrammi di fase binari, diagrammi di fase nello spazio dei potenziali termodinamici. Effetti superficiali nella termodinamica: geometria delle superfici, proprietà di eccesso superficiali, tensione superficiale, effetto della curvatura sulle condizioni di equilibrio e sui diagrammi di fase, struttura di equilibrio dei cristalli, adsorbimento su superfici, difetti nei cristalli. Termodinamica dei fenomeni di rilassamento: termodinamica del rilassamento, equilibrio e dissipazione in sistemi con rilassamento, elasticità entropica e rilassamento. Fenomeni dissipativi: trasporto di materia, calore e quantità di moto, accoppiamenti, relazioni di simmetria.</p>	
<b>Prerequisiti:</b> Chimica fisica molecolare, Chimica dei materiali, Termodinamica macroscopica, Scienza e Tecnologia dei materiali	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni ed esercitazioni	
<b>Materiale didattico:</b> Testo con note dalle lezioni fornito dal docente; Robert DeHoff, <i>Thermodynamics in Materials Science</i> , 2nd edition, CRC Press, 2006; Stanley I. Sandler, <i>Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics</i> , 4th edition, John Wiley & Sons, 2006.	
<b>Modalità di esame:</b> Colloquio orale	

<b>Insegnamento:</b> Progettazione molecolare dei materiali	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> CHIM/03
<b>Ore di lezione:</b> 48	<b>Ore di esercitazione:</b> -
<b>Anno di corso:</b> II	<b>Semestre:</b> I
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Fornire i concetti di base, gli approcci metodologici e le tecniche sperimentali riguardo alla costruzione di materiali "dal basso", partendo dal livello molecolare ed utilizzando gli strumenti della chimica supramolecolare. Tra i sistemi studiati vi sono macchine molecolari, dendrimeri, nanostrutture, monostrati auto assemblanti e film sottili.</p>	
<p><b>Contenuti:</b> Tecnologie top-down: trattamenti fisici e chimici di modifica superficiale, la fotolitografia; Tecnologie bottom-up: il processo di auto assemblaggio chimico, i dispositivi molecolari, le nanotecnologie; le nano strutture auto assemblate: complessi host-guest, nano capsule auto assemblate, monostrati molecolari auto assemblati su superfici; Le strutture molecolari multicomponenti: i dendrimeri: sintesi, proprietà e applicazioni; La catalisi supramolecolare e i nano reattori: processi catalitici su substrati molecolari e supramolecolari; Le modifiche chimiche delle superfici: la tecnica Langmuir-Blodgett, i monostrati auto-assemblati funzionali, tecniche di caratterizzazione ed imaging delle superfici; I nanomateriali: gli effetti legati alla variazione dimensionale ed il confinamento quantico; nano particelle metalliche e di semiconduttori, i fullereni e i nano tubi, i materiali nano porosi; I dispositivi molecolari e l'informatica: l'elettronica molecolare, gli switch e i circuiti molecolari; Gli apparecchi meccanici molecolari: i motori biomolecolari, recenti sviluppi e potenziali applicazioni.</p>	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni	
<p><b>Materiale didattico:</b> G.B. Sergeev – <i>Nanochemistry</i> – Elsevier (2006); D.S. Goodsell – <i>Bionanotechnology: lessons from Nature</i> – Wiley, Hoboken (2004); J.-M. Lehn - <i>Supramolecular Chemistry: Concepts and Perspectives</i>, VCH, Weinheim (1995); V. Balzani, A. Credi, M. Venturi - <i>Molecular Devices and Machines: A Journey Into the Nano World</i>, Wiley-VCH, Weinheim (2003); Guozhong Cao – <i>Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications</i>, Imperial College Press, London (2004)</p>	
<b>Modalità di esame:</b> Colloquio orale	

<b>Insegnamento:</b> Corrosione e Protezione dei Materiali	
<b>CFU:</b> 8	<b>SSD:</b> ING-IND/21
<b>Ore di lezione:</b> 52	<b>Ore di esercitazione:</b> 12
<b>Anno di corso:</b> II	<b>Semestre:</b> I
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  Il corso è finalizzato all'acquisizione delle conoscenze fondamentali del comportamento dei materiali, della loro affidabilità e durabilità nel corso della loro vita in esercizio. Gli argomenti trattati durante il corso comprendono sia aspetti termodinamici sia cinetici e coprono un ampio settore dei materiali correntemente impiegati in diversi comparti industriali e civile. Durante il corso saranno esaminati e discussi diversi casi di interesse industriale. Sono, inoltre, previste esercitazioni di laboratorio con partecipazione diretta degli allievi.</p>	
<p><b>Contenuti:</b>  Significato tecnico ed economico del processo di degradazione dei materiali. Aspetti generali della corrosione. Meccanismo elettrochimico. Reazioni. Aspetti termodinamici. Diagrammi di Pourbaix. Aspetti cinetici. Passivazione e passività. Accoppiamento galvanico. Corrosione uniforme. Corrosione per contatto galvanico. Corrosione per vaiolatura. Crevice. Corrosione selettiva. Corrosione sotto sforzo, Corrosione fatica. Danneggiamento da idrogeno. Corrosione atmosferica. Degrado del calcestruzzo. Metodi di valutazione della velocità di corrosione. Perdita in peso, Curve potenziodinamiche, resistenza di polarizzazione, rette di Tafel, diagrammi di Evans, Misure in A.C., spettroscopia di impedenza elettrochimica. Modifica della fase metallica. Rivestimenti metallici, Rivestimenti organici, Strati di conversione, Inibitori, Zincatura</p>	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b> conoscenze di Chimica e Fisica	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni ed esercitazioni	
<p><b>Materiale didattico:</b>  Dieter Landolt, Corrosion and Surface Chemistry of metals, EPFL Press;  Francesco Mazza, Giuseppe Bianchi; Corrosione e protezione dei metalli, Masson;  materiale fornito dal docente</p>	
<b>Modalità di esame:</b> Colloquio orale	

<b>Insegnamento:</b> Materiali per le nanotecnologie	
<b>Modulo:</b> Materiali nanostrutturati	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> FIS/03
<b>Ore di lezione:</b> 48	<b>Ore di esercitazione:</b> -
<b>Anno di corso:</b> II	<b>Semestre:</b> I
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p>Gli sviluppi recenti delle ‘nanotecnologie’ hanno reso possibile ingegnerizzare materiali e dispositivi su scale di lunghezza di alcuni nanometri. I materiali nanostrutturati nella forma di nanocristalli, nanostriscie e nanofili hanno proprietà elettriche ed ottiche molto diverse da quelle della corrispondente fase macroscopica. Lo scopo principale di questo corso è quello di fornire gli strumenti sia concettuali che metodologici per la comprensione sia delle proprietà fisiche che delle potenzialità tecnologiche delle nanostrutture.</p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> Acquisire le conoscenze di base e l’approccio metodologico propri delle nanotecnologie mediante lezioni frontali, studio individuale, svolgimento numerico di esercizi proposti. Incentivare la padronanza nell’uso di una terminologia che verrà utilizzata in gran parte dei corsi successivi.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Dimostrare la capacità di applicare le conoscenze acquisite alla risoluzione di problemi di struttura elettronica e proprietà di trasporto dei materiali nanostrutturati.</p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Essere capaci di valutare gli approcci più adeguati alla risoluzione dei problemi specifici del CdL e la qualità dei risultati ottenibili anche in riferimento ai dati della bibliografia internazionale.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Imparare a trasmettere, in forma scritta, verbale e multimediale, le proprie idee, gli approcci adottati e i risultati conseguiti.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Aggiornare le proprie conoscenze sui materiali nanostrutturati mediante consultazione di libri, appunti e pubblicazioni scientifiche; acquisire un livello di maturità cognitiva sufficiente a seguire con profitto i corsi successivi.</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>Struttura elettronica dei Nanofili assemblati su superfici: metodo del tight-binding e quantum confinement – Esempi di nanofili conduttori – Struttura elettronica, proprietà fisiche ed applicazioni del grafene e dei nanotubi di carbonio - La struttura elettronica di quantum dots, quantum wire e quantum wells con il metodo delle funzioni di Wannier - L’equazione a massa efficace – Trasporto di carica nelle nanostrutture: regime balistico, formula di Landauer, quantizzazione della conduttanza – La conduttanza in presenza di diffusione elastica – Trasporto diffusivo elastico nel grafene – Esempi ed applicazioni alla nanoelettronica – Termoelettricità: effetto Seebeck e Peltier nelle nanostrutture, il fattore di merito ZT – Il contributo dei fononi al trasporto d’energia - Esempi ed applicazioni all’energy harvesting.</p>	
<b>Prerequisiti/Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> lezioni, illustrazione e discussione su alcuni articoli scientifici proposti dal docente.	
<b>Materiale didattico:</b> 1) Appunti redatti e forniti dal docente	
<b>Modalità di esame:</b> Colloquio orale	

<b>Insegnamento:</b> Materiali per le nanotecnologie	
<b>Modulo:</b> Nanotecnologie per l'elettronica	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> FIS/03
<b>Ore di lezione:</b> 24	<b>Ore di esercitazione:</b> 24
<b>Anno di corso:</b> II	<b>Semestre:</b> II
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p>Le 'nanotecnologie' rappresentano un importante strumento per lo sviluppo di materiali e dispositivi su scale di lunghezza di alcuni nanometri dove le proprietà fisiche possono modificarsi in modo da delineare nuovi ed affascinanti orizzonti nella ingegnerizzazione degli stessi materiali. Lo scopo principale di questo corso è quello di fornire la conoscenza dei principali approcci sperimentali utilizzati nella realizzazione di nanotecnologie e di comprendere il loro impatto nello studio delle proprietà fisiche di sistemi nanostrutturati basati anche su materiali di grande interesse per l'elettronica</p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> Acquisire le conoscenze di base e l'approccio metodologico propri delle nanotecnologie mediante lezioni frontali, studio individuale, svolgimento numerico di esercizi proposti. Incentivare la padronanza nell'uso di una terminologia che verrà utilizzata in gran parte dei corsi successivi.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Dimostrare la capacità di applicare le conoscenze acquisite alla risoluzione di problemi di struttura elettronica e proprietà di trasporto dei materiali nanostrutturati.</p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Essere capaci di valutare gli approcci più adeguati alla risoluzione dei problemi specifici del CdL e la qualità dei risultati ottenibili anche in riferimento ai dati della bibliografia internazionale.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Imparare a trasmettere, in forma scritta, verbale e multimediale, le proprie idee, gli approcci adottati e i risultati conseguiti.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Aggiornare le proprie conoscenze sui materiali nanostrutturati mediante consultazione di libri, appunti e pubblicazioni scientifiche; acquisire un livello di maturità cognitiva sufficiente a seguire con profitto i corsi successivi.</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>Aspetti fenomenologici della superconduttività. Equazione di Ginzburg-Landau e sue applicazioni. Teoria microscopica BCS. Effetto tunnel tra superconduttori. Effetto Josephson e sue proprietà. Effetto prossimità. Superconduttività mesoscopica. Dispositivi superconduttivi nanostrutturati e loro applicazioni. Film sottili di materiali nano-strutturati: tecniche fisiche di deposizione. Aspetti di tecnologia del vuoto. Caratterizzazione (aspetti sperimentali) di film sottili (XRD; STM, giunzione tunnel, AFM, MFM, misure di trasporto. Tecniche ottiche di micro-litografia. Litografia UV. Litografia mediante fascio elettronico (EBL). Litografia mediante Fascio Ionico focalizzato (FIB). Tecniche di litografia a raggi X. Soft Litography. Plasmonica Equazioni di Maxwell. Relazioni di dispersione dei SPP. Estensione e lunghezza di propagazione. Plasmoni di superficie localizzati. Influenza di forma, dimensione e ambiente. Applicazioni (guide d'onda, SPP con gap energetici). Spintronics: aspetti generali del magnetismo, magnetismo itinerante. Micromagnetismo (cenni). Effetti magneto-resistivi. Dispositivi magneto-elettronici (GMR, TMR). Elementi di spintronica superconduttiva.</p>	
<b>Prerequisiti/Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> lezioni, discussione su alcuni articoli scientifici proposti dal docente, esperienze in laboratorio	
<b>Materiale didattico:</b> 1) Appunti redatti e forniti dal docente; 2) testi di riferimento da indicazioni bibliografiche	
<b>Modalità di esame:</b> Seminari intercorso. Colloquio finale con discussione anche di relazioni di laboratorio	



<b>Insegnamento:</b> Sostenibilità ambientale dei materiali	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/22
<b>Ore di lezione:</b> 36	<b>Ore di esercitazione:</b> 12
<b>Anno di corso:</b> I o II	<b>Semestre:</b> II
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> Acquisire, mediante lezioni frontali, un approccio consapevole al problema della produzione e dell'utilizzo dei materiali, con particolare riferimento ai materiali inorganici, in relazione alla sostenibilità ambientale in termini di impatto economico, sociale ed ambientale durante l'intero ciclo di vita (costo energetico di produzione, esercizio, smaltimento). Sarà altresì affrontato il tema dei materiali per l'ambiente, in termini di efficientamento dell'utilizzo dell'energia e di risanamento ambientale.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Dimostrare la capacità di applicare le conoscenze acquisite nell'ambito della valutazione della sostenibilità ambientale, del Life Cycle Assessment e dell'utilizzo di materiali per operazioni di Energy Harvesting, Energy Storage ed Environmental Protection.</p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Acquisire consapevolezza e spirito critico in fase di valutazione della sostenibilità ambientale di un materiale e della possibilità di introdurre sistemi di produzione, lavorazione, e/o prodotti alternativi in grado di aumentarne la sostenibilità.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Produzione di una relazione scritta, da esporre attraverso una presentazione multimediale, in cui si descriva l'elaborazione di un tema tra quelli proposti, illustrando l'approccio adottato per la valutazione di un problema di sostenibilità ambientale, la sua risoluzione ed i risultati potenzialmente conseguibili.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Acquisire la capacità di utilizzare differenti sorgenti informative (letteratura scientifica, banche dati online) per ottenere dati aggiornati relativi alle tematiche proposte; elaborare autonomamente e criticamente le informazioni acquisite per produrre valutazioni di sostenibilità ambientale e progettare soluzioni alternative potenzialmente innovative.</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>Il corso si articola su più punti: 1) Ambiente ed attività antropica: utilizzo di materie prime e fonti energetiche per la produzione di materiali, con particolare riferimento ai problemi di impatto ambientale connessi. 2) Sostenibilità ambientale dei materiali: valutazione dell'impatto delle attività di produzione, utilizzo e smaltimento dei materiali inorganici sull'ambiente, con particolare riferimento al problema dell'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili. Utilizzo di strumenti per l'implementazione dell'LCA (Life Cycle Assessment) di un materiale. 3) Materiali e ambiente: utilizzo di materiali in processi di Energy Harvesting, Energy Storage ed Environmental Protection. In aggiunta alla parte istituzionale, sono previsti seminari tenuti da esperti esterni su specifici argomenti inerenti le tematiche proposte.</p>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni frontali. Esercitazioni e produzione di un elaborato.	
<b>Materiale didattico:</b> Dispense fornite dal docente. Materiale di consultazione: "Materials and the Environment: Eco-informed Material Choice" (M. F. Ashby). "Fundamentals of Materials for Energy and Environmental Sustainability" (D. S. Ginley, D. Cahen).	
<b>Modalità di esame:</b> Esposizione e discussione di un elaborato assegnato dal docente.	

## Attività formative a scelta autonoma

<b>Insegnamento:</b> Biomateriali	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/34
<b>Ore di lezione:</b> 40	<b>Ore di esercitazione:</b> 8
<b>Anno di corso:</b> I o II	<b>Semestre:</b> I
<b>Obiettivi formativi:</b> Il corso è finalizzato ad acquisire le conoscenze delle principali proprietà e caratteristiche dei biomateriali, della natura delle interazioni fra questi e i tessuti biologici e dei criteri di progettazione di sistemi artificiali in relazione al recupero funzionale del tessuto o organo da sostituire, integrare o riabilitare.	
<b>Contenuti:</b> I tessuti biologici: relazione composizione-struttura-proprietà dei tessuti: descrizione chimica-morfologica, proprietà meccaniche, anisotropia dei tessuti, reologiche, di trasporto. Bio-Materiali: Materiali metallici, polimerici, compositi e ceramici. Effetto della composizione chimica, struttura, processo di trasformazione sulle prestazioni dei biomateriali. Comportamento dei materiali in relazione alle trasformazioni chimiche e ai gruppi funzionali. Biocompatibilità. Interazioni tessuto-materiale. Protesi: fondamenti di progettazione e tecnologie di preparazione, sterilizzazione. Protesi in campo ortopedico, cardiovascolare, dentario. Tecniche e tecnologie di produzione di biomateriali per protesi e per medicina rigenerativa e rilascio controllato dei farmaci.	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> lezioni ed esercitazioni	
<b>Materiale didattico:</b> appunti dalle lezioni, materiale didattico offerto dal docente; Introduzione allo studio dei materiali per uso biomedico, Autore Di Bello Carlo (Patron Editore)	
<b>Modalità di esame:</b> prove in itinere e/o prova finale; colloquio.	



<b>Insegnamento:</b> Ingegneria dei materiali nanofasici per l'energetica e la sensoristica	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/22
<b>Ore di lezione:</b> 24	<b>Ore di esercitazione:</b> 24
<b>Anno di corso:</b> I o II	<b>Semestre:</b> I
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione: Lo studente acquisirà la conoscenza dei metodi utilizzati per ingegnerizzare le proprietà funzionali dei materiali nanofasici, sia quelli più comunemente usati che quelli ancora in fase sperimentale. Lo studente svilupperà, inoltre, la comprensione dei meccanismi alla base delle applicazioni di materiali nanofasici in diverse tecnologie optoelettroniche e biologiche. Infine, acquisirà una visione d'insieme delle principali procedure di fabbricazione attualmente utilizzate e di quelle potenzialmente utilizzabili nella pratica industriale.</i></p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Lo studente sarà in grado di identificare e di progettare i materiali nanofasici più adatti ad una particolare applicazione.</i></p> <p><i>Autonomia di giudizio: Lo studente saprà autonomamente indentificare nuovi potenziali materiali nanofasici e possibili sviluppi tecnologici per migliorare il funzionamento applicativo.</i></p> <p><i>Abilità comunicative: Lo studente svilupperà la capacita di illustrare in modo chiaro e comprensibile i concetti fondamentali della progettazione e applicazione dei materiali nanofasici ad un pubblico eterogeneo.</i></p> <p><i>Capacità di apprendimento: Lo studente imparerà a reperire fonti qualificate e ad utilizzarle autonomamente ai fini di un aggiornamento continuo delle sue competenze culturali relative ai materiali nanofasici e alle loro applicazioni.</i></p>	
<p><b>Contenuti:</b>  Introduzione, Sintesi. Struttura e superfici. Proprietà meccaniche. Proprietà elettriche e di trasporto. Proprietà ottiche. Proprietà magnetiche. Applicazioni</p>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> lezioni, discussione di articoli scientifici ed esperienze in laboratorio	
<b>Materiale didattico:</b> appunti forniti dal docente, testi di riferimento e articoli scientifici	
<b>Modalità di esame:</b> seminari intercorso e colloquio finale.	

<b>Insegnamento:</b> Laboratorio Avanzato per la Caratterizzazione di Nanomateriali e Nanostrutture	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> FIS/03
<b>Ore di lezione:</b> 20	<b>Ore di esercitazione:</b> 28
<b>Anno di corso:</b> I o II	<b>Semestre:</b> I
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  L'obiettivo principale del corso è descrivere e comprendere le proprietà di trasporto elettrico, ottiche e magnetiche di alcuni materiali e/o strutture in presenza di una dimensionalità ridotta su scala nanometrica. Tale studio sarà basato sulla realizzazione di un'esperienza di laboratorio avanzato su temi della fisica della materia, che avranno come obiettivi (i) la caratterizzazione di un materiale oppure di un dispositivo nano-strutturato, e (ii) elaborazione di una completa presentazione del lavoro fatto anche in relazione all'analisi dei dati sperimentali ottenuti.</p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> acquisire le conoscenze di base e l'approccio metodologico propri del laboratorio avanzato</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> imparare a trasmettere, in forma scritta, verbale e multimediale, i risultati delle proprie misure sperimentali sulla base dei modelli studiati.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> aggiornare le proprie conoscenze sui nanomateriali e nanodispositivi realizzati mediante l'approfondimento sperimentale su aspetti della ricerca avanzata; puntando all'acquisizione di un livello di maturità cognitiva sufficiente a seguire con profitto i corsi successivi.</p>	
<p><b>Contenuti:</b>  Introduzione all'analisi statistica dei dati sperimentali: rappresentazione analitica dei dati, calibrazione e regressione, la legge di propagazione degli errori. Cenni di Statistica. Regressione statistica: il metodo della massima verosimiglianza, il metodo dei minimi quadrati, la validazione del modello, il metodo del <math>\chi^2</math>.</p> <p>Introduzione ai temi oggetto di esperienza in laboratorio: essi riguarderanno in generale aspetti legati a processi di interazione radiazione-materia, tecniche sperimentali di caratterizzazione a base di sonde fotoniche (UV-Vis-IR, raggi X) ed elettroniche (SEM e TEM); tecniche di crescita di nanomateriali; tecniche di nano-fabbricazione; caratterizzazione criogenica di materiali e dispositivi.</p>	
<b>Prerequisiti/Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> lezioni, discussione su alcuni articoli scientifici proposti dal docente, esperienze in laboratorio.	
<b>Materiale didattico:</b> 1) Appunti redatti e forniti dal docente; 2) testi di riferimento da indicazioni bibliografiche	
<b>Modalità di esame:</b> Seminari intercorso. Colloquio finale con discussione anche di relazioni di laboratorio	

<b>Insegnamento:</b> Materiali per la tutela dell'ambiente	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/22
<b>Ore di lezione:</b> 36	<b>Ore di esercitazione/laboratorio:</b> 12
<b>Anno di corso:</b> I o II	<b>Semestre:</b> I
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> Acquisire consapevolezza dei materiali impiegati nei diversi ambiti della tutela ambientale, in relazione alle tecniche di sintesi, funzionalizzazione e caratterizzazione e alle metodologie applicative.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Dimostrare la capacità di applicare le conoscenze acquisite per il monitoraggio, la salvaguardia e l'eventuale ripristino di sistemi ambientali anche complessi.</p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Acquisire consapevolezza e capacità critica in fase di selezione dei materiali e delle tecnologie più idonee per il recupero di sistemi ambientali sulla base di dati relativi al grado di contaminazione e alla tipologia di inquinanti presenti.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Sviluppare la capacità di interazione/confronto e l'abilità nell'illustrare/trasmettere in forma scritta, verbale o con l'utilizzo di strumenti multimediali le conoscenze acquisite sui materiali e le metodiche per il monitoraggio, la protezione e il recupero dei sistemi ambientali a rischio.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Acquisire la capacità di utilizzare differenti sorgenti informative (libri, letteratura scientifica, banche dati online) per ottenere dati aggiornati relativi alle tematiche proposte ed elaborare in modo autonomo e critico le informazioni raccolte.</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>Il corso si propone di introdurre lo studente allo studio dei materiali e delle tecnologie di interesse nel settore ambientale.</p> <p>Nella parte introduttiva sarà affrontata la problematica dell'inquinamento, mediante una panoramica sulle possibili cause di contaminazione, tipologie di inquinanti e potenziali effetti sull'ambiente e sulla salute.</p> <p>Verranno quindi presentate differenti tecniche di <i>monitoring</i> e <i>remediation</i>, centrando l'attenzione sui materiali – convenzionali e innovativi – utilizzati per la decontaminazione di aria, acqua e suolo. In particolare, saranno presentate le tecniche di sintesi, funzionalizzazione e caratterizzazione della famiglia dei materiali porosi e nanostrutturati (organici, inorganici e ibridi), nonché le relative tecnologie applicative.</p> <p>Si mostreranno, infine, possibili criteri di selezione di materiali per la tutela ambientale sulla base del sistema in esame e del suo grado/tipo di contaminazione.</p> <p>A corredo delle conoscenze teoriche, il corso prevede l'analisi di casi studio con esercitazioni numeriche ed esperienze pratiche di laboratorio.</p>	
<b>Prerequisiti:</b> nessuna propedeuticità	
<b>Metodo didattico:</b> lezioni frontali, esercitazioni in aula e in laboratorio	
<b>Materiale didattico:</b> slide/dispense fornite dal docente	
<b>Modalità di esame:</b> elaborato finale e colloquio orale	

<b>Insegnamento:</b> Simulazione del comportamento fluidodinamico dei materiali	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/26
<b>Ore di lezione:</b> 24	<b>Ore di esercitazione:</b> 24
<b>Anno di corso:</b> I	<b>Semestre:</b> I
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> Lo studente deve dimostrare di: (i) comprendere le problematiche relative alla simulazione numerica della fluidodinamica di materiali; (ii) comprendere i concetti di base per effettuare una simulazione numerica (imposizione delle condizioni al contorno, generazione e convergenza della griglia di calcolo, adeguatezza del dominio).</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Lo studente deve dimostrare di essere in grado di: (i) identificare le opportune ipotesi modellistiche per simulare un problema di fluidodinamica; (ii) applicare le conoscenze acquisite per effettuare una simulazione numerica attraverso un codice di Computational Fluid Dynamics.</p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Lo studente deve dimostrare di essere in grado di interpretare correttamente i risultati ottenuti da una simulazione numerica di un problema di fluidodinamica, individuando opportunamente le grandezze di interesse per uno specifico problema.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Lo studente dovrà essere in grado di discutere e presentare, attraverso un report ed un colloquio, un progetto relativo alla simulazione fluidodinamica di un problema di interesse dell'ingegneria dei materiali.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Lo studente deve essere in grado di ampliare le proprie conoscenze attraverso la consultazione di materiale relativo alla Computational Fluid Dynamics (articoli scientifici, corsi online, tutorials di software CFD).</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>TEORIA: 1) Richiami delle equazioni di bilancio di materia, energia e quantità di moto. Equazione costitutiva per fluidi Newtoniani. Equazioni di Navier-Stokes. Operazioni tra tensori. 2) Condizioni al contorno per le equazioni di Navier-Stokes e per le equazioni di bilancio di energia. 3) Set-up di una simulazione numerica. Convergenza della griglia di calcolo. Adeguatezza del dominio di calcolo. 4) Risoluzione numerica di problemi di fluidodinamica: moto isoterma attorno ad un cilindro, moto isoterma attorno ad una sfera, moto non-isoterma attorno ad una sfera. 5) Fluidi non-Newtoniani. Generalità e fenomenologia. Equazioni costitutive per fluidi Newtoniani generalizzati e fluidi viscoplastici. Simulazione numerica di fluidi Newtoniani generalizzati. Cenni sui fluidi viscoelastici. 6) Fluidodinamica di sospensioni di particelle solide. ESERCITAZIONI: 1) Introduzione al codice di calcolo di fluidodinamica computazionale COMSOL MULTIPHYSICS. 2) Generazione della geometria del dominio e della griglia di calcolo. 3) Setup della simulazione, definizione dei parametri e delle condizioni al contorno. 4) Simulazione di un problema fluidodinamico isoterma, in regime laminare, stazionario. 5) Simulazione di un problema fluidodinamico isoterma, in regime laminare, transitorio. 6) Simulazione di un problema fluidodinamico non isoterma, in regime laminare, stazionario. 7) Simulazione di un problema fluidodinamico isoterma, in regime laminare, stazionario di un fluido non-Newtoniano. 8) Simulazione di una sospensione di particelle. Particle tracking. 9) Applicazione di COMSOL MULTIPHYSICS alla simulazione di problemi fluidodinamici di interesse dell'ingegneria dei materiali.</p>	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b> Conoscenze dei fenomeni di trasporto.	
<b>Metodo didattico:</b> Didattica frontale, esercitazioni sull'utilizzo di un software CFD, esercitazioni di gruppo in aula.	
<b>Materiale didattico:</b> 1) Slides del corso disponibili sul sito docenti. 2) Materiale reperibile sul sito <a href="http://www.cfd-online.com">www.cfd-online.com</a> 3) R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot, Transport Phenomena, Wiley, 2002. 4) The Comsol Multiphysics User's Guide, COMSOL, 2018.	
<b>Modalità di esame:</b> Tesina da svolgere in gruppo	

<b>Insegnamento:</b> Elementi di modellazione numerica per l'ingegneria	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/22
<b>Ore di lezione:</b> 28	<b>Ore di esercitazione:</b> 20
<b>Anno di corso:</b> I o II	<b>Semestre:</b> II
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di implementare autonomamente ed in modo consapevole in ambiente Matlab codici numerici per la risoluzione di problemi ingegneristici: risoluzione di problemi di regressione non lineare di dati sperimentali mediante modelli teorici propri della meccanica e termodinamica del continuo, risoluzione mediante metodi numerici di sistemi di equazioni algebriche non lineari in campo reale, risoluzione mediante metodi alle differenze finite di problemi di Cauchy associati a sistemi di equazioni differenziali ordinarie di ordine <math>\geq 1</math> in campo reale, risoluzione mediante metodi alle differenze finite e di shooting di boundary problems in campo reale, utilizzare il MOL per risolvere PDE di tipo paraboliche. In particolare, lo studente implementerà codici sviluppati autonomamente a lezione integrandoli con l'utilizzo di funzioni predefinite del Matlab. I problemi di regressione e di risoluzione di equazioni algebriche non lineari si incentreranno sulla risoluzione di equazioni di stato finalizzate alla determinazione delle proprietà di equilibrio di fluidi in condizioni sub e supercritiche, (ad es. determinazione di densità di acqua vapore in funzione di P,T mediante EoS di recentissima derivazione dalla meccanica statistica, di cui verranno fornite durante le esercitazioni le informazioni strettamente necessarie al loro utilizzo); i problemi di tipo differenziali analizzeranno problemi non lineari di tipo stiff e non stiff, con particolare enfasi a problemi classici della meccanica: sistemi molla-smorzatore, pendolo fisico, e della termodinamica: trasporto di calore in mezzi continui omogenei ed eterogenei (compositi), trasporto di massa in mezzi continui. Anche in tal caso verranno fornite allo studente le informazioni strettamente necessarie all'implementazione di tali modelli durante il corso.</p>	
<p><b>Contenuti:</b>  Introduzione all'ambiente Matlab: grafica e programmazione, uso del tool simbolico, funzioni predefinite in Matlab per la minimizzazioni di funzioni e per regressioni non lineari di dati sperimentali, cenni di teoria e funzioni predefinite in Matlab sull'interpolazione polinomiale e sulle splines, cenni su metodi di integrazione numerica di funzioni di <math>R \rightarrow R</math> e corrispondenti funzioni predefinite in Matlab, implementazione del metodo di Gauss-Jordan, teoria ed implementazione di codici di metodi di punto fisso e di bracketing per la risoluzione di un'equazione non lineare in campo reale, funzioni predefinite del Matlab per la risoluzione di sistemi di equazioni di <math>R^n \rightarrow R^m</math>, introduzione ai metodi alle differenze finite per problemi di Cauchy: metodi di Eulero esplicito ed implicito, studio della stabilità dei suddetti metodi, cenni sui metodi di Runge-Kutta, definizione di problemi stiff, utilizzo di funzioni predefinite in Matlab per la risoluzione di sistemi di ODE di primo ordine, utilizzo di tali funzioni per risolvere problemi di Cauchy per una ODE di ordine <math>&gt; 1</math>, teoria sulla zero stabilità, teorema di Lax su stabilità, convergenza e consistenza per metodi espliciti a passo costante, studio convergenza di Eulero esplicito in presenza di errori di round-off, metodi numerici alle differenze finite e di shooting per risoluzione di boundary problems di ordine 2, cenni sul MOL per risolvere PDE paraboliche (applicazione al trasporto di calore).</p>	
<p><b>Prerequisiti:</b> sono consigliati (ma non rappresentano una propedeuticità formale) Elementi di informatica, Analisi Matematica I e Geometria ed Algebra</p>	
<p><b>Metodo didattico:</b> lezioni frontali ed esercitazioni svolte con l'ausilio del docente.</p>	
<p><b>Materiale didattico:</b> s e parti di testi forniti dal docente</p>	
<p><b>Modalità di esame:</b> verifica mediante colloquio orale</p>	

<b>Insegnamento:</b> Materiali innovativi per applicazioni strutturali	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ICAR/09
<b>Ore di lezione:</b> 24	<b>Ore di esercitazione:</b> 24
<b>Anno di corso:</b> I o II	<b>Semestre:</b> II
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  Il corso si propone di fornire le conoscenze di base ed i criteri per la scelta, il progetto e la verifica di elementi strutturali rinforzati o realizzati con materiali e/o processi produttivi innovativi.</p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione</i>  Acquisire le conoscenze di base inerenti al progetto e la verifica di elementi strutturali realizzati con materiali e/o processi innovativi mediante lezioni frontali, esercitazioni in laboratorio, studio individuale, svolgimento numerico di esercizi proposti.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i>  Dimostrare la effettiva capacità di applicare le conoscenze acquisite alla corretta progettazione di elementi strutturali rinforzati, in condizioni di servizio e ultime.</p> <p><i>Autonomia di giudizio</i>  Essere capaci di valutare gli approcci più adeguati alla selezione e progetto di elementi strutturali rinforzati e non, nelle condizioni di servizio e ultime, ottenuti con materiali e/o processi produttivi innovativi.</p> <p><i>Abilità comunicative</i>  Imparare a trasmettere, in forma scritta, verbale e multimediale, le proprie idee, gli approcci adottati ed i risultati conseguiti</p> <p><i>Capacità di apprendimento</i>  Aggiornare le proprie conoscenze sul tipo ed uso dei materiali innovativi per le strutture mediante consultazione di libri, appunti, pubblicazioni scientifiche e normative tecniche; acquisire un livello di maturità cognitiva sufficiente a seguire con profitto i corsi successivi.</p>	
<p><b>Contenuti:</b>  Materiali innovativi per le costruzioni: calcestruzzi ad alte prestazioni fibro-rinforzati; elementi strutturali ottenuti attraverso additive manufacturing del calcestruzzo; compositi fibro-rinforzati (FRP); proprietà meccaniche, sicurezza strutturale, fattori di sicurezza.  Principi di progetto e verifica di elementi strutturali con uso di materiali e/o processi produttivi innovativi.  Principi di progetto e verifica del rinforzo con FRP, FRCM, FRC per elementi in cemento armato e muratura.  Vetro strutturale.</p>	
<b>Prerequisiti:</b> Scienza delle costruzioni	
<b>Metodo didattico:</b> lezioni teoriche ed esercitazioni pratiche, di cui alcune in laboratorio, coadiuvate da esercitazioni su esempi progettuali	
<b>Materiale didattico:</b> appunti e slide del corso	
<b>Modalità di esame:</b> esame orale e discussione sulle esercitazioni svolte durante il corso	

<b>Insegnamento:</b> Materiali e tecniche per la tutela dei beni culturali	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-IND/22
<b>Ore di lezione:</b> 56	<b>Ore di esercitazione:</b> 16
<b>Anno di corso:</b> III	<b>Semestre:</b> II
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione</i> - Lo studente acquisirà consapevolezza dei materiali impiegati nel costruito storico, della loro evoluzione nel tempo e dei principali meccanismi che regolano il loro degrado chimico e fisico.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i> - Lo studente acquisirà la capacità di individuare le tipologie di materiali in uso nel costruito storico, le principali cause chimiche e fisiche di degrado e le metodologie diagnostiche di supporto.</p> <p><i>Autonomia di giudizio</i> - Al termine del corso lo studente avrà sviluppato una specifica capacità critica nell'identificare le cause dei fenomeni di degrado di materiali naturali ed artificiali in uso negli edifici storici. Acquisirà inoltre coscienza dell'importanza dell'uso specifico della diagnostica distruttiva e non distruttiva nello studio dei materiali e dei loro prodotti di trasformazione e nella progettazione di un efficiente intervento di restauro</p> <p><i>Abilità comunicative</i> - Nel corso delle lezioni frontali, delle esperienze in laboratorio e delle attività seminariali lo studente è sollecitato ad interagire con i relatori per sviluppare le sue capacità di confronto su tematiche di carattere generale e specifico.</p> <p><i>Capacità di apprendere</i> - Durante il corso lo studente comprenderà come i fondamenti teorici e concettuali unitamente alla normativa vigente e alla recente letteratura scientifica possano essere utilizzati per la comprensione di problemi legati alla tutela dei beni culturali.</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>Origine ed evoluzione dei principali materiali in uso nel patrimonio storico. Classificazione, proprietà ed impieghi dei materiali nei beni culturali. Inquinanti e meccanismi fisici e chimici del degrado dei materiali. Effetti dell'umidità e dei sali solubili, effetti dei gas e del particolato presente nell'aria, effetti dell'irradiazione termica e luminosa. Le tecniche diagnostiche per la caratterizzazione dei materiali antichi e dei loro prodotti di trasformazione nel tempo. Tecniche distruttive: XRD, SEM, analisi termiche, analisi porosimetriche. Tecniche non distruttive: macrofotografia, termografia, indagine ultrasonica. Valutazione della durabilità con tecniche di invecchiamento accelerato. Valutazione dei risultati diagnostici ai fini del recupero e della conservazione dei materiali. Materiali protettivi e consolidanti. Valutazione della compatibilità fisica, chimica e biologica dei materiali con lo stato dei manufatti. Criteri di valutazione ai fini dell'intervento di recupero.</p>	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni, esperienze di laboratorio e seminari	
<b>Materiale didattico:</b> Appunti delle lezioni.	
<b>Modalità di esame:</b> Prova scritta finale e colloquio	

<b>Insegnamento:</b> Materiali e tecnologie per il fotovoltaico	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/22
<b>Ore di lezione:</b> 24	<b>Ore di esercitazione:</b> 24
<b>Anno di corso:</b> I	<b>Semestre:</b> I
<p><b>Obiettivi formativi:</b></p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> Lo studente acquisirà la conoscenza dei materiali utilizzati per la realizzazione di tecnologie fotovoltaiche, sia quelli più comunemente usati che quelli ancora in fase sperimentale. Lo studente svilupperà, inoltre, la comprensione dei meccanismi alla base del funzionamento delle diverse tecnologie fotovoltaiche. Infine, acquisirà una visione d'insieme delle principali procedure di fabbricazione attualmente utilizzate e di quelle potenzialmente utilizzabili nella pratica industriale.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Lo studente sarà in grado di identificare i materiali più adatti ad una particolare tecnologia fotovoltaica e di indicare le tecnologie più adeguate alle diverse applicazioni.</p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Lo studente saprà autonomamente identificare nuovi potenziali materiali e possibili sviluppi tecnologici per migliorare il funzionamento di tecnologie fotovoltaiche.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Lo studente svilupperà la capacità di illustrare in modo chiaro e comprensibile i concetti fondamentali di un sistema fotovoltaico ad un pubblico eterogeneo.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Lo studente imparerà a reperire fonti qualificate e ad utilizzarle autonomamente ai fini di un aggiornamento continuo delle sue competenze culturali relative al fotovoltaico.</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>Introduzione alla produzione di energia solare da fotovoltaico. Principi di funzionamento di base del fotovoltaico. Materiali fotovoltaici tradizionali, incluso il silicio nelle sue varie forme e le diverse composizioni dei calcogeni. Materiali fotovoltaici organici, piccole molecole e polimeri, e ibridi organico-inorganico, con particolare enfasi sui recenti sviluppi legati alle perovskiti. Integrazione dei materiali nei dispositivi e nei moduli fotovoltaici. Caratterizzazioni e metodi di misura dei materiali e dei dispositivi fotovoltaici. Sviluppi futuri dei materiali e dei sistemi fotovoltaici. Il ruolo del fotovoltaico nel sistema energetico del futuro</p>	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b> Chimica e Fisica.	
<b>Metodo didattico:</b> lezioni, discussione di articoli scientifici ed esperienze in laboratorio.	
<b>Materiale didattico:</b> Appunti forniti dal docente, testi di riferimento e articoli scientifici.	
<b>Modalità di esame:</b> Seminari intercorso e colloquio finale.	



<b>Insegnamento:</b> Materiali e tecnologie per il packaging	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/22
<b>Ore di lezione:</b> 32	<b>Ore di esercitazione:</b> 16
<b>Anno di corso:</b> II	<b>Semestre:</b> II
<p><b>Obiettivi formativi</b></p> <p><i>Conoscenza e capacità di comprensione</i> Lo studente deve dimostrare di conoscere: (i) le varie classi di materiali per il packaging, evidenziandone vantaggi e svantaggi in relazione alla destinazione d'uso; (ii) le principali tecnologie di trasformazione dei materiali per il packaging; (iii) l'impatto ambientale di prodotti e processi nell'industria del packaging.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i> Lo studente deve essere in grado di: (i) individuare materiali e processi più adatti alla realizzazione di imballaggi per varie destinazioni d'uso; (ii) proporre analisi sperimentali adatte allo studio delle caratteristiche degli imballaggi.</p> <p><i>Autonomia di giudizio</i> Lo studente deve (i) saper analizzare con spirito critico le prestazioni di un imballaggio e (ii) proporre soluzioni alternative per minimizzarne l'impatto ambientale preservando le prestazioni.</p> <p><i>Abilità comunicative</i> Lo studente deve saper comunicare con proprietà di linguaggio ad interlocutori tecnici e non, proponendo soluzioni innovative e a ridotto impatto ambientale con competenza e capacità di persuasione.</p> <p><i>Capacità di apprendimento</i> Lo studente deve essere in grado di aggiornarsi o ampliare le proprie conoscenze nel campo dei materiali polimerici attingendo in maniera autonoma a testi e articoli scientifici; (ii) consultare schede tecniche e documentazione di laboratorio</p>	
<p><b>Contenuti:</b> Concetti introduttivi. Funzionalità del packaging: proprietà meccaniche, termiche, di trasporto, packaging attivo, biodegradabilità e riutilizzo. Materiali e componenti per il packaging: vetro, metallo, carta e cartone, plastica, combinazione di materiali e packaging multistrato. Sigillatura, incollaggio, etichettatura. Macchinari per imballaggio e operazioni di linea. Aspetti legislativi (cenni). Sostenibilità ambientale del packaging. Chimica e tecnologia di polimeri sostenibili biodegradabili o derivati da fonti naturali o biomasse. Progettazione sostenibile. Analisi del ciclo di vita e casi studio.</p>	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> lezioni frontali, visite in laboratorio e seminari da tecnici di aziende specializzate	
<p><b>Materiale didattico</b> Appunti del corso e libri di testo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Food packaging materials, L. Piergiovanni &amp; S. Limbo (2016), Springer (Basel, Switzerland)</li> <li>2) Packaging technology: Fundamentals, materials and processes, A. Emblem (Ed.) (2012), Elsevier</li> <li>3) Environmental Footprints of Packaging, S. S. Muthu (Ed.), (2015), Springer.</li> </ol>	
<b>Modalità di esame:</b> colloquio orale	

<b>Insegnamento:</b> Meccanica dei fluidi complessi	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/24
<b>Ore di lezione:</b> 36	<b>Ore di esercitazione:</b> 12
<b>Anno di corso:</b> I o II	<b>Semestre:</b> II
<b>Obiettivi formativi:</b> Analizzare il legame tra la microstruttura dei fluidi complessi e le loro proprietà macroscopiche, con particolare riferimento al comportamento in flusso e deformazione	
<b>Contenuti:</b> Cenni di reologia. Flusso, deformazione, forze. Viscosità e viscoelasticità. Sistemi micro-strutturati. Relazioni tra proprietà reologiche e microstruttura. Esempi: sistemi macromolecolari, emulsioni, sospensioni. Modellistica macromolecolare. Leggi di scala. Il modello del dumbbell elastico lineare. Il modello di Rouse-Zimm. Previsioni dei modelli per soluzioni diluite. Sistemi concentrati. Entanglements e dinamica dei sistemi concentrati. I concetti di tubo e reptation. Previsioni dei modelli per sistemi concentrati. Relazioni proprietà-struttura. Effetto del peso molecolare e della sua distribuzione. Effetto dell'architettura molecolare (polimeri lineari, ramificati, a stella). Sistemi acquosi e di interesse biologico (sangue, muco). Tensioattivi. Sistemi micellari. Sospensioni. Schiume.	
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni ed esercitazioni	
<b>Materiale didattico:</b> 1) appunti delle lezioni; 2) R.G. Larson, "The structure and rheology of complex fluids", Oxford University Press, New York 1999; 3) C.W. Macosko, "Rheology", Wiley-VCH 1994	
<b>Modalità di esame:</b> Colloquio orale	

<b>Insegnamento:</b> Organi artificiali e protesi	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/34
<b>Ore di lezione:</b> 40	<b>Ore di esercitazione:</b> 8
<b>Anno di corso:</b> I o II	<b>Semestre:</b> II
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  Il corso integra le conoscenze inerenti le tecnologie, i materiali e i criteri di progettazione di sistemi artificiali in relazione al recupero funzionale del tessuto o organo fisiopatologico da sostituire, integrare o riabilitare. Il corso fornisce inoltre tecniche di progettazione integrata di protesi sia nel caso di tessuti “duri” che nel caso di tessuti “molli”.</p>	
<p><b>Contenuti:</b>  Richiami delle relazioni struttura-proprietà-funzione di organi naturali. Anisotropia meccanica e viscoelasticità dei tessuti. Richiami sui biomateriali metallici e polimerici. Meccanica del Continuo: richiami di algebra vettoriale e tensoriale; cinematica e dinamica. Equazioni costitutive, oggettività e strain energy functions. Materiali incomprimibili e materiali comprimibili. Palloni per angioplastica. Protesi vascolari. Protesi Valvolari. Sistemi di supporto all'attività cardiaca. Cuore Artificiale. Tendini e legamenti. Protesi d'anca. Mezzi per osteosintesi. Disco intervertebrale. Protesi oftalmiche. Norme, requisiti e verifiche di dispositivi medici.</p>	
<b>Prerequisiti:</b> Biomateriali	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni ed esercitazioni	
<b>Materiale didattico:</b> Appunti e slide delle lezioni	
<b>Modalità di esame:</b> Colloquio	

<b>Insegnamento:</b> Simulazione del comportamento strutturale dei materiali	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ICAR/08
<b>Ore di lezione:</b> 28	<b>Ore di esercitazione:</b> 20
<b>Anno di corso:</b> I o II	<b>Semestre:</b> II
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  Il corso mira a fornire agli studenti gli strumenti essenziali per la modellazione e l'analisi computazionale in ambito termo-meccanico di continui e strutture, prestando particolare attenzione alle applicazioni di specifico interesse per la scienza e l'ingegneria dei materiali. Partendo dai fondamenti della modellazione basata sul Metodo degli Elementi Finiti (FEM) e da richiami di meccanica del continuo, lo scopo del corso è quello di illustrare i principali approcci alla modellazione ed alle strategie numeriche per la determinazione degli stati di sforzo e di deformazione in strutture monodimensionali (travi e telai), bidimensionali e tridimensionali, considerando anche esempi di materiali che esibiscano non linearità costitutive, in regime di grandi spostamenti. Infine, il corso ha come obiettivo l'apprendimento dell'utilizzo di codici di simulazione numerica commerciali quali ANSYS-Multiphysics per lo sviluppo di applicazioni in ambito termo-meccanico.</p>	
<p><b>Contenuti:</b> Richiami sulle equazioni di equilibrio e sui principali modelli cinematici del continuo, legame costitutivo in materiali elastici lineari; problema variazionale e forma discreta dell'equazioni differenziali alle derivate parziali (PDE) in elasticità; metodo di Ritz-Galerkin; analisi matriciale di strutture reticolari; l'approccio agli spostamenti; formulazione del problema di minima energia potenziale nel Metodo degli Elementi Finiti; analisi elastica; elementi di ordine elevato ed isoparametrici; non linearità del materiale; applicazioni con l'ausilio di codici FEM a sistemi mono, bi- e tri-dimensionali ed, in particolare, simulazioni numeriche in ambiente ANSYS- Multiphysics: 1) fase di pre-processing: modellazione geometrica del problema; impostazione delle caratteristiche costitutive dei materiali; scelta dell'elemento finito e discretizzazione del modello (mesh); impostazioni delle condizioni iniziali ed al contorno; 2) fase di solution: scelta del solutore; 3) fase di post-processing: analisi dei risultati. Approfondimento del linguaggio di programmazione Ansys Parametric Design Language (APDL) per l'utilizzo della modalità batch in ambiente ANSYS- Multiphysics.</p>	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b> Nessuna	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni. Esercitazioni di simulazione numerica	
<p><b>Materiale didattico:</b>  Villaggio P. Mathematical models for elastic structures. Cambridge University Press. 2005; Corradi dell'Acqua L. Meccanica delle strutture-II comportamento dei mezzi continui. Volume 1. McGraw-Hill. 2010; Corradi dell'Acqua L. Meccanica delle strutture-Le teorie strutturali ed il metodo degli elementi finiti. Volume 2. McGraw-Hill. 2010; Boley AB, Weiner JH. Theory of thermal stresses. Dover publications. 1997; Maugin GA. The thermomechanics of plasticity and fracture. Cambridge University Press. 1992; Zienkiewicz OC. Taylor RL. The Finite Element Method (5th Edition). The basis. Volume 1. Elsevier, 2000; Tutoriali dei pacchetti software utilizzati; Appunti dal corso.</p>	
<b>Modalità di esame:</b> Colloquio orale. Realizzazione di un elaborato con l'ausilio di un programma di calcolo numerico su un problema strutturale in ambito termo-meccanico.	

<b>Insegnamento:</b> Trattamenti superficiali dei materiali	
<b>CFU:</b> 6	<b>SSD:</b> ING-IND/21
<b>Ore di lezione:</b> 36	<b>Ore di esercitazione:</b> 12
<b>Anno di corso:</b> I o II	<b>Semestre:</b> II
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  Il corso è finalizzato all'acquisizione delle conoscenze fondamentali per la scelta delle tecnologie di modifica delle superfici e dell'analisi delle sue proprietà. Enfasi è posta sulla descrizione delle tecnologie innovative volte all'ottenimento di proprietà di superficie differenti da quelle del materiale base e tali da conferire al manufatto particolari proprietà funzionali e/o estetiche.</p>	
<p><b>Contenuti:</b>  Energia superficiale, definizione e determinazione. Bagnabilità, adesione. Trattamenti superficiali di materiali inorganici ed organici. Deposizione fisica da fase vapore (Physical Vapour Deposition): Evaporazione sottovuoto, Sputtering, Bombardamento ionico. Esempi di applicazioni industriali: metallizzazione dei film per imballaggio, riporto di film sottili, riporti duri. Deposizione chimica da fase vapore, Chemical Vapour Deposition (CVD), attivazione/deposizione assistita da plasma. Esempi di applicazioni industriali: deposizione di strati barriera su film per l'imballaggio, verniciatura dei materiali polimerici, riporti diamond-like, sintesi di "polimeri" via plasma, rivestimenti emocompatibili, bioadesione, rivestimento di lenti a contatto. Rivestimenti nanostrutturati. Trattamenti superficiali del titanio e dell'alluminio. Tecniche indagine superficiale: XPS, SEM, TEM, misura dell'angolo di contatto, misura della rugosità, AFM, valutazione dell'adesione, misura dello spessore di film sottili. Nell'ambito delle attività del corso, sono previste visite presso aziende del settore.</p>	
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> da definire con il docente titolare dell'insegnamento	
<b>Materiale didattico:</b> da definire con il docente titolare dell'insegnamento	
<b>Modalità di esame:</b> da definire con il docente titolare dell'insegnamento	