

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

**Classe delle Lauree Magistrali in Scienza e Ingegneria dei Materiali, 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 CdS**

Il presente regolamento disciplina il CdS in Ingegneria dei Materiali, appartenente alla Classe delle Lauree Magistrali in 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.

Il CdS fornisce specifiche conoscenze professionali nell'ambito disciplinare dell'Ingegneria dei Materiali, integrando conoscenze e abilità già acquisite con il conseguimento della Laurea in Scienza e Ingegneria dei Materiali.

Durante il corso, che si articola in due anni, lo studente approfondisce le competenze precedentemente acquisite nell'ambito delle tecnologie e delle proprietà dei diversi materiali. Nelle discipline caratterizzanti sono studiati i fondamenti teorici delle equazioni costitutive termodinamiche di materiali omogenei ed eterogenei; il legame fra gli aspetti morfologico-strutturali delle varie tipologie di materiali e le loro proprietà funzionali e strutturali; gli strumenti concettuali e metodologici e le tecniche sperimentali per la comprensione e la determinazione delle proprietà chimico-fisiche di materie prime e manufatti; le proprietà fisiche e le potenzialità tecnologiche delle nanostrutture; il comportamento reologico dei fluidi e meccanico di materiali compositi ed eterogenei allo stato solido; l'uso di tecniche basate sul metodo degli elementi finiti per la simulazione del comportamento dei materiali allo stato fluido e solido; gli aspetti ingegneristico-applicativi delle tecnologie dei materiali ceramici, polimerici, metallici e compositi. Alle discipline caratterizzanti si affiancano quelle affini e integrative, fra le quali si citano le tecnologie di modifica delle superfici, le tecniche di analisi delle proprietà superficiali e dell'affidabilità e durabilità dei materiali nella loro vita di servizio, la modellazione del comportamento elettromagnetico dei materiali.

L'obiettivo principale delle attività formative previste nel corso di studi è quello di creare una figura di laureato magistrale in grado di sviluppare materiali con specifiche proprietà funzionali e strutturali e di gestire le attività di ricerca applicata connesse, di ottimizzare l'utilizzo dei materiali nelle specifiche applicazioni tecnologiche e strutturali, di progettare manufatti con specifiche proprietà, di sviluppare ed implementare industrialmente la produzione di manufatti realizzati con varie tipologie di materiali e di gestire a livello tecnologico tale produzione. Il laureato magistrale in Ingegneria dei Materiali dovrà essere inoltre capace di valutare l'impatto delle soluzioni ingegneristiche sul contesto sociale e fisico-ambientale, avendo acquisito coscienza 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 specialisti, e disporrà di capacità di apprendimento che gli permetteranno di acquisire autonomamente nuove conoscenze e metodologie.

Il corso di studi si propone di dotare il laureato magistrale in Ingegneria dei Materiali degli strumenti che gli consentano di inserirsi con successo presso aziende per la produzione, la trasformazione e lo sviluppo dei materiali metallici,

polimerici, ceramici, vetrosi e compositi, per applicazioni nei campi chimico, meccanico, elettrico, elettronico, delle telecomunicazioni, dell'energia, dell'edilizia, dei trasporti, biomedico, ambientale e dei beni culturali, nonché in laboratori industriali di aziende ed enti pubblici e privati. I principali sbocchi occupazionali previsti sono, più in generale, quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi e della qualificazione e diagnostica dei materiali.

### **Art. 3. Struttura didattica**

Il CdS è retto dalla CCD che, ai sensi dell'Art. 4 del RDA, condivide con il Corso di Laurea in Scienza e 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 dei Corsi di Studio, 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. Requisiti per l'ammissione**

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, dal CCD, che ne riconosce i crediti in tutto o in parte e ne decide le 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:

- 1) 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>).

- 2) 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 curriculari richieste per l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale.
- 3) iscrizione al corso di Laurea Magistrale con assegnazione di un Piano di Studi che prevede le integrazioni curriculari richieste, in coerenza con l'art. 6 comma 3 del D.M. 16 marzo 2007. Questa opzione contempla la possibilità che le integrazioni curriculari richieste comportino un numero complessivo di CFU superiore a 120.

SSD	CFU minimi
MAT/03, MAT/05, MAT/07, ING-INF/05	32
FIS/01, FIS/03, CHIM03, CHIM/07	45
ING-IND/21, ING-IND/22, ICAR/08, ING-IND/08, ING-IND/13, ING-IND/15, ING-IND/31	45
CHIM/02, CHIM/06, ING-IND/24	20

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:

- 1) 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;
- 2) 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 ≥ 21	M ≥ 22.5	M ≥ 24	M ≥ 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 CdS prevede due percorsi curriculari:

- A: Biomateriali e proprietà costitutive dei materiali;
- B: Proprietà ingegneristiche dei materiali.

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. Circa l'85% dei CFU da acquisire è relativo ad attività comuni ai due

curricula, ed ha l'obiettivo di fornire conoscenze generali dell'Ingegneria dei Materiali; è lasciata allo studente la possibilità di scegliere il rimanente 15% delle attività, selezionandole fra quelle del curriculum A (Tabella II dell'Allegato I) o fra quelle del curriculum B (Tabella III dell'Allegato I), per approfondire aspetti specifici, ma culturalmente omogenei, riguardanti le proprietà funzionali (Curriculum A) e quelle strutturali (Curriculum B) dei materiali.

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 ad 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. In Allegato II viene indicato, per ogni attività formativa, l'anno di corso in cui essa è programmata.

### 6.2. SUA-CdS

Ogni anno il 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) il calendario e le modalità di svolgimento delle attività formative integrative per il recupero degli OFA di cui all'Art.4 del presente regolamento;
- b) la collocazione delle attività formative nei periodi didattici previsti dal precedente comma 1;
- c) il quadro dell'offerta didattica erogata, definita in accordo con la programmazione didattica annuale della Scuola;
- d) 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 prerequisite 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 prerequisite 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 ed 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 fredericiano 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**

L'esame di profitto ha luogo per ogni insegnamento. Esso può tener conto dei risultati conseguiti in eventuali prove di verifica sostenute durante lo svolgimento del corso (prove in itinere). Il superamento dell'esame determina l'acquisizione dei corrispondenti CFU.

Gli studenti in corso possono sostenere prove di esame esclusivamente durante tre "periodi di esame" programmati nei mesi di Gennaio/Febbraio, Giugno/Luglio e Settembre, con l'eccezione degli studenti iscritti all'ultimo anno del percorso normale di studi. Questi ultimi possono sostenere:

- nei mesi di ottobre, novembre e dicembre, gli esami in debito degli anni precedenti;
- nei mesi da gennaio a maggio, gli esami in debito degli anni precedenti e gli esami del I semestre dell'ultimo anno;
- a partire dal mese di giugno, tutti gli esami.

Gli allievi iscritti fuori corso possono sostenere prove di esame durante tutto l'anno, secondo la programmazione delle sedute di esame stabilita dai singoli docenti.

Le date di inizio/fine dei periodi di esame per allievi in corso sono pubblicate unitamente al Calendario Didattico all'inizio dell'anno accademico. Il calendario dettagliato degli esami è pubblicato all'inizio di ogni periodo didattico per i successivi periodi di esame sul portale del CdS ([www.scingmat.unina.it](http://www.scingmat.unina.it)) e su quello della Scuola ([www.scuolapsb.unina.it](http://www.scuolapsb.unina.it))

Le prove in itinere, quando previste, sono inserite nell'orario delle attività formative; le loro modalità sono stabilite dal docente e comunicate agli allievi all'inizio del corso.

L'esame e/o le prove effettuate in itinere possono consistere in:

- verifica mediante questionario/esercizio numerico;
- relazione scritta;
- relazione sulle attività svolte in laboratorio;
- colloqui programmati;
- verifiche di tipo automatico in aula informatica.

In caso di valutazione negativa, lo studente avrà l'accesso a ulteriori prove di esame nei successivi periodi previsti.

## **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 Magistrale**

L'esame di Laurea Magistrale si riferisce alla prova finale prescritta per il conseguimento del relativo titolo accademico, consistente nella discussione di una Tesi di Laurea.

Per essere ammesso all'esame di Laurea Magistrale, lo studente deve avere acquisito tutti i crediti formativi previsti dal suo Piano di studio, tranne quelli relativi alla preparazione e alla discussione della Tesi di Laurea. Inoltre, è necessario che lo studente abbia adempiuto ai relativi obblighi amministrativi.

La tesi, redatta in modo originale dallo studente, ha per oggetto attività formative specificamente dedicate allo scopo, che possono essere integrate da attività formative svolte nell'ambito di periodi di tirocinio intra moenia o extra moenia. Il lavoro di tesi è condotto sotto la guida di un Relatore (eventualmente coadiuvato da co-relatori), che assolve alle seguenti funzioni:

- attesta l'avvenuto proficuo svolgimento delle eventuali attività propedeutiche (tirocini intra moenia o extra moenia, ove previsti, di concerto con il tutor universitario, laddove sia diverso dal Relatore);
- 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 (attraverso l'apposizione della propria firma alla domanda di ammissione all'esame di laurea magistrale nei tempi e nei modi previsti);
- guida l'allievo nella predisposizione dell'elaborato di laurea magistrale;
- assiste l'allievo nella preparazione dell'esame di laurea magistrale.

La tesi di laurea magistrale può essere redatta in lingua inglese. Le attività relative alla sua preparazione possono essere svolte totalmente o parzialmente all'estero; in quest'ultimo caso, 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.

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

Tab. I - Didattica Programmata del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali

I Anno			
Attività formativa	CFU	SSD	Tipologia
<b>I Semestre</b>			
Modelli e metodi numerici per l'ingegneria	9	MAT/07	Attività formative affini o integrative (DM 270/04, Art. 10 comma 5, b)
Termodinamica dei materiali	9	INGIND/22	Discipline dell'ingegneria (DM 270/04, Art. 10 comma 1, b)
Metallurgia ed elementi di tecnologia dei metalli	9	INGIND/21	Discipline dell'ingegneria (DM 270/04, Art. 10 comma 1, b)
<b>II Semestre</b>			
Tecnologie dei polimeri	9	INGIND/22	Discipline dell'ingegneria (DM 270/04, Art. 10 comma 1, b)
Tecnologie dei materiali compositi	9	INGIND/16	Attività formative affini o integrative (DM 270/04, Art. 10 comma 5, b)
Tecnologie dei materiali ceramici	9	INGIND/22	Discipline dell'ingegneria (DM 270/04, Art. 10 comma 1, b)
<b>II Anno</b>			
<b>I Semestre</b>			
Progettazione molecolare dei materiali	9	CHIM/03	Discipline fisiche e chimiche (DM 270/04, Art. 10 comma 1, b)
<b>II Semestre</b>			
Materiali nanostrutturati	9	FIS/03	Discipline fisiche e chimiche (DM 270/04, Art. 10 comma 1, b)
<b>I / II Semestre</b>			
Attività formative curriculari a scelta dello studente tra quelle previste per il CURRICULUM A (vedi nota a))  ovvero  Attività formative curriculari a scelta dello studente tra quelle previste per il CURRICULUM B (vedi nota a))	18    18		Discipline dell'ingegneria (DM 270/04, Art. 10 comma 1, b)    Attività formative affini o integrative (DM 270/04, Art. 10 comma 5, b)
Attività formative a scelta autonoma dello studente (vedi nota b)	9		A scelta autonoma dello studente (DM 270/04, Art. 10 comma 5, a)
Altre attività formative (Tirocinio)	6		Ulteriori attività formative (DM 270/04, Art. 10 comma 5, d)
Prova finale	15		Altre attività (DM 270/04, Art. 10 comma 5, c)

Note:

- a) I 18 CFU previsti si intendono ottenuti con soli **due insegnamenti** (cioè o due insegnamenti da 9 CFU o un insegnamento da 12 CFU ed uno da 6 CFU).
- b) Lo studente potrà attingere, tra l'altro, ad attività formative indicate in **tabella IV** nonché in **tabelle II e III**.



Tab. II – Curriculum A: Biomateriali e proprietà costitutive dei materiali. Attività formative a scelta dello studente (Ambito Discipline dell'Ingegneria, DM 270/04, Art. 10 comma 1b)

Attività formativa	CFU	SSD
<b>I Semestre</b>		
Simulazione del comportamento fluidodinamico e strutturale dei materiali	9	ING-IND/22
Biomateriali	6	ING-IND/22
Ingegneria dei tessuti	6	ING-IND/22
Fenomeni di trasporto nelle tecnologie dei materiali	9	ING-IND/22
Teoria dei materiali e delle strutture	9	ICAR/08
<b>II Semestre</b>		
Progettazione bio-mimetica di materiali	12	ING-IND/22
Organi artificiali e protesi	6	ING-IND/22
Materiali e tecniche per la tutela dei beni culturali	9	ING-IND/22

Tab. III – Curriculum B: Proprietà ingegneristiche dei materiali. Attività formative a scelta dello studente (Ambito Affini/Integrative, DM 270/04, Art. 10 comma 5b)

Attività formativa	Modulo (ove presente)	CFU	SSD
<b>I Semestre</b>			
Meccanica dei mezzi continui		6	MAT/07
Corrosione e protezione dei materiali		9	ING-IND/23
Meccanica dei fluidi e reologia(***)	Meccanica dei fluidi complessi 6 CFU	12	ING-IND/24
<b>II Semestre</b>			
Solidi bidimensionali ed applicazioni strutturali		9	ICAR/09
Comportamento meccanico dei materiali		9	ING-IND/14
Trattamenti superficiali dei materiali		9	ING-IND/23
Meccanica dei fluidi e reologia(***)	Reologia 6 CFU	12	ING-IND/24
Modellistica elettromagnetica dei materiali		6	ING-IND/31

(\*\*\*) Insegnamento da 12 CFU strutturato in due moduli da 6 CFU ciascuno, uno collocato al I semestre (Meccanica dei fluidi complessi) ed uno collocato al II semestre (Reologia).

Tab. IV –Attività formative a scelta autonoma dello studente, II anno (Art. 10 comma 5, a)

Attività formativa	Modulo (ove presente)	CFU	SSD
<b>I Semestre</b>			
Materiali per le nanotecnologie		9	FIS/03
Gestione della produzione industriale		9	ING-IND/17
Elementi di analisi funzionale e applicazioni		9	MAT/05
<b>II Semestre</b>			
Sensori e trasduttori di misura		9	ING-INF/07
Sicurezza degli impianti industriali		9	ING-IND/17

## Allegato II - Attività formative del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali

---

**Insegnamento:** Modelli e Metodi Numerici per l'Ingegneria

**CFU:** 9 **SSD:** MAT/07

**Ore di lezione:** 40 **Ore di esercitazione:** 40

**Anno di corso:** I

**Obiettivi formativi:**

Dopo questo corso l'allievo/a dovrebbe essere capace di:

- risolvere equazioni a derivate parziali usando metodi numerici,
- usare il metodo delle differenze finite ed il metodo degli elementi finiti,
- usare Matlab per il calcolo scientifico,
- modellare problemi d'Ingegneria con equazioni a derivate parziali.

**Contenuti:** Questo corso si propone di fornire conoscenze avanzate di metodi numerici per risolvere Equazioni a Derivate Parziali (EDP) che intervengono in problemi di Ingegneria. 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; Equazioni Differenziali Ordinarie (problemi di valori al bordo); Calcolo scientifico su piattaforma Matlab; Onde; Equazione della trave; Diffusione in due e tre dimensioni spaziali. Elementi di Algebra Lineare; Classificazione di EDP.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

Appunti distribuiti durante il corso,

B. D'Acunto, Computational Partial Differential Equations in Mechanics, World Scientific, 2004.

**Modalità di esame:** Prova orale e sviluppo di un programma Matlab relativo a specifico problema d'Ingegneria.

---

**Insegnamento:** Termodinamica dei materiali

**CFU:** 9 **SSD:** ING-IND/22

**Ore di lezione:** 56 **Ore di esercitazione:** 16

**Anno di corso:** I

**Obiettivi formativi:**

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.

**Contenuti:**

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.

**Prerequisiti:** Chimica fisica molecolare, Chimica dei materiali, Termodinamica macroscopica, Scienza e Tecnologia dei materiali

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

Testo con note dalle lezioni fornito dal docente

Robert DeHoff, *Thermodynamics in Materials Science*, 2<sup>nd</sup> edition, CRC Press, 2006

Stanley I. Sandler, *Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics*, 4<sup>th</sup> edition, John Wiley & Sons, 2006.

**Modalità di esame:** Colloquio orale

**Insegnamento:** Metallurgia ed Elementi di Tecnologia dei Metalli

**CFU:** 9 **SSD:** ING-IND/21

**Ore di lezione:** 56 **Ore di esercitazione:** 20

**Anno di corso:** I

**Obiettivi formativi:**

*Conoscenza e capacità di comprensione* - Lo studente acquisirà conoscenza dei meccanismi di deformazione plastica dei principali materiali metallici e delle relazioni fra la loro struttura e le loro proprietà; avrà inoltre una panoramica delle principali tecnologie di fabbricazione utilizzate nella pratica industriale.

*Capacità di applicare conoscenza e comprensione* - Lo studente sarà in grado di selezionare i trattamenti che una lega metallica deve subire per acquistare proprietà assegnate; di indicare le tecnologie più adatte per ottenere determinati prodotti; di riconoscere le possibili alternative tecnologiche dall'analisi di un dato prodotto.

*Autonomia di giudizio* - Lo studente saprà autonomamente selezionare le leghe metalliche e le tecnologie di fabbricazione più opportune per un'applicazione assegnata.

*Abilità comunicative* - 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 materiali metallici.

*Capacità di apprendere* - 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.

**Contenuti:**

Struttura microscopica dei metalli. Reticoli cristallini. Difetti nei reticoli e influenza sulle proprietà. Leghe: solubilità, diagrammi di stato, equilibrio stabile e metastabile. Trattamenti termici: tempra di soluzione e tempra martensitica. Trattamenti termici delle leghe leggere. Diagramma di stato ferro-cementite. Curve TTT. Trattamenti termici degli acciai. Saldature.

Fonderia. Raffreddamento di un getto. Moduli di raffreddamento. Materozze e loro dimensionamento. Sistema di colata e suo dimensionamento. Problemi di sformabilità e strumenti per la loro soluzione. Fusione in forma permanente e forma transitoria. Tecniche industriali in fonderia: fusione in terra e in conchiglia, formatura a guscio, microfusione, shell molding, colata sotto pressione. Difetti tipici nei getti e loro origine.

Lavorazioni per deformazione plastica. Curva  $\sigma$ - $\epsilon$  vera. Lavoro di deformazione plastica. Criteri di plasticità. Processi industriali di lavorazione per deformazione plastica: fucinatura, stampaggio, laminazione, trafilatura, estrusione. Difetti di lavorazione e loro origine. Cenni sulle lavorazioni per asportazione di truciolo.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

I. Crivelli Visconti - *Scienza dei Metalli*, Liguori Ed.;

S. Kalpakjan - *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, Addison Wesley Publ.;

F. Giusti, M. Santochi - *Tecnologia Meccanica e Studi di Fabbricazione*, Ed. Ambrosiana.

**Modalità di esame:** Prova finale scritta.

**Insegnamento:** Tecnologie dei polimeri

**CFU:** 9 **SSD:** IND-ING/22

**Ore di lezione:** 55 **Ore di esercitazione:** 20

**Anno di corso:** I

**Obiettivi formativi:**

Il corso si propone di approfondire le relazioni tra proprietà macroscopiche tecnologicamente rilevanti e struttura dei materiali polimerici. In particolare, vengono analizzati i comportamenti dei polimeri in relazione al loro stato di aggregazione e l'effetto delle condizioni di processo sulle proprietà finali.

**Contenuti:**

Peso molecolare e distribuzione e metodi di determinazione. Polimeri termoplastici e polimeri termoindurenti. Termodinamica di soluzioni polimeriche, miscelazione e separazione, conformazione delle molecole in soluzione. Stato amorfo: conformazione delle catene polimeriche, motilità molecolare, transizione vetrosa. Stato cristallino: metodi di determinazione della frazione e della struttura cristallina, esempi di polimeri cristallini, cinetica e termodinamica della cristallizzazione. La transizione vetrosa: metodi di misura della temperatura di transizione vetrosa; teorie della transizione vetrosa, effetto della struttura sulla T<sub>g</sub>, effetto della cristallinità, effetto dei crosslink, effetto della tattilità, effetto del peso molecolare. Distinzione fra stati del polimero (vetroso, gommoso, cristallino, fuso, transizione vetrosa); proprietà meccaniche e viscoelastiche, proprietà di trasporto. Tecnologie per la lavorazione: estrusione, stampaggio,

filatura. Dimensionamento e progetto delle principali apparecchiature per la trasformarmazione delle materie plastiche. Esercitazioni e stage.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

Appunti dalle lezioni, materiale didattico offerto dal docente

Testi: S. Bruccikner, G. Allegra, M. Pegoraro, F.P. La Mantia, *Scienza e tecnologia dei materiali polimerici*, EdiSES, Napoli, 2002

W. D. Callister, *Scienza ed Ingegneria dei Materiali*, EdiSES, Napoli, 2002.

P. C. Painter, M. M. Coleman, *Fundamentals of Polymer Science*, Technomic Publishing, 1998.

**Modalità di esame:** prova finale scritta e/o orale.

**Insegnamento:** Tecnologie dei Materiali Compositi

**CFU: 9 SSD:** ING-IND/16

**Ore di lezione: 60 Ore di esercitazione: 12**

**Anno di corso:** I

**Obiettivi formativi:**

*Conoscenza e capacità di comprensione* - 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.

*Capacità di applicare conoscenza e comprensione* - Lo studente sarà in grado di progettare un laminato, valutando i vantaggi e svantaggi delle tecnologie di fabbricazione offerte dal panorama industriale.

*Autonomia di giudizio* - Lo studente saprà autonomamente selezionare i materiali di base e le tecnologie di fabbricazione più opportune per un'applicazione assegnata.

*Abilità comunicative* - 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.

*Capacità di apprendere* - Lo studente imparerà a reperire fonti qualificate e ad utilizzarle autonomamente ai fini di un aggiornamento continuo delle sue competenze culturali.

**Contenuti:**

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.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

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.

**Modalità di esame:** Prova finale scritta.

**Insegnamento:** Tecnologie dei Materiali Ceramici

**CFU: 9 SSD:** ING-IND/22

**Ore di lezione: 72 Ore di esercitazione:**

**Anno di corso:** I

**Obiettivi formativi:**

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.

Contenuti:

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 SOFC. 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.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni

**Materiale didattico:**

! Presentazioni PPT.

! W.D. Kingery - H.K. Bowen - D.R. Uhlmann, *Introduction to Ceramics*, 2nd Edition, John Wiley and Sons Ed.

! D.W. Richerson, *Modern Ceramic Engineering*, Marcel Dekker Ed..

! J.S. Reed, *Principles of ceramic processing*, John Wiley and Sons Ed.

**Modalità di esame:** prova scritta finale

**Insegnamento:** Progettazione molecolare dei materiali

**CFU: 9 SSD:** CHIM/03

**Ore di lezione: 72 Ore di esercitazione: -**

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

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.

**Contenuti:**

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 autoassemblati 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

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni

**Materiale didattico:**

G.B. Sergeev – *Nanochemistry* – Elsevier (2006)

D.S. Goodsell – *Bionanotechnology: lessons from Nature* – Wiley, Hoboken (2004)

J.-M. Lehn - *Supramolecular Chemistry: Concepts and Perspectives*, VCH, Weinheim (1995)

V. Balzani, A. Credi, M. Venturi - *Molecular Devices and Machines: A Journey Into the Nano World*, Wiley-VCH, Weinheim (2003)

Guozhong Cao – *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications*, Imperial College Press, London (2004)

**Modalità di esame:** Colloquio orale

**Insegnamento:** Materiali Nanostrutturati

**CFU: 9 SSD:** FIS03

**Ore di lezione: 56 Ore di esercitazione: 20**

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

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.

**Contenuti:**

Introduzione al corso: i materiali nanostrutturati, le applicazioni e l'impulso dell'industria micro-elettronica e della

nano-medicina. Rassegna sulle principali tecniche di sintesi delle nanostrutture: approccio top down e bottom up. Nanofabbricazione e visualizzazione: microscopia STM, AFM e TEM. Metodi per lo studio della struttura elettronica con applicazioni ai nanofili di elementi metallici, ai nanocristalli di semiconduttori, al grafene ed ai nanotubi di carbonio. La conducibilità elettrica nelle nanostrutture. Trasporto di carica in regime balistico e diffusivo con esempi di applicazioni alla nanoelettronica. Proprietà termoelettriche. Assorbimento ed emissione di luce nelle nanostrutture. Probabilità di transizione, forza dell'oscillatore, coefficiente di assorbimento e fotoluminescenza. Confinamento quantistico ed eccitoni. Nanoclusters e nanostrutture metalliche, cenni di plasmonica. Fononi e proprietà meccaniche delle nanostrutture con esempi di applicazioni ai sistemi nano-elettromeccanici. Cenni alla tecniche della dinamica molecolare per lo studio delle proprietà meccaniche su scala nanometrica.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

- 1) Appunti del docente.
- 2) Springer handbook of nanotechnology, edito da Bharat Bhushan (seconda edizione, 2007).
- 3) Articoli di rassegna.

**Modalità di esame:** Prove di verifica in itinere e/o prova scritta finale; colloquio

**Insegnamento:** Simulazione del comportamento fluidodinamico e strutturale dei materiali

**CFU: 9 SSD: ING-IND/22**

**Ore di lezione: 24 Ore di esercitazione: -60**

**Anno di corso: II**

**Obiettivi formativi:** La prima parte del modulo mira a fornire gli strumenti essenziali per l'analisi computazionale di continui e strutture, prestando particolare attenzione alle applicazioni di specifico interesse per la scienza e l'ingegneria dei materiali. In particolare l'obiettivo è quello di presentare i fondamenti della teoria generale alla base del Metodo degli Elementi Finiti (FEM) e di illustrare i principali approcci e le strategie numeriche per la determinazione degli stati di sforzo e deformazione in sistemi di travi, in elementi bidimensionali quali lastre, piastre e gusci ed in solidi tridimensionali mostrando le tecniche di implementazione e di analisi di materiali che esibiscano non linearità geometriche (grandi spostamenti e deformazioni) e costitutive (iperelasticità e cenni di elasto-plasticità). Inoltre, viene introdotto il metodo dei volumi finiti e vengono fornite le conoscenze di base sui modelli matematici e sulle tecniche di integrazione al calcolatore per lo studio dei problemi fluidodinamici. La seconda parte del corso ha come obiettivo la familiarizzazione degli studenti con le applicazioni numeriche con riferimento al calcolo di modelli strutturali tramite codici di calcolo commerciali quali ANSYS-LS/DYNA e a calcoli di CFD (Computer Fluid Dynamics) tramite il codice di calcolo FLUENT.

**Contenuti:** Richiami sulle equazioni di equilibrio, congruenza e legame costitutivo in materiali elastici lineari ed in grandi deformazioni; richiami sui principali modelli cinematici di continuo; problema variazionale e forma discreta dell'equazioni differenziali alle derivate parziali (PDE) in elasticità; metodo di Ritz-Galerkin e formulazione del problema di minima energia potenziale nel Metodo degli Elementi Finiti; applicazioni con l'ausilio di codici FEM (ANSYS) a sistemi di travi ed a modelli bi- e tri-dimensionali. Leggi e i modelli matematici della fluidodinamica computazionale: equazione di continuità; equazioni di bilancio della quantità di moto; equazioni di trasporto del calore (convettivo e conduttivo); equazioni di trasporto delle specie chimiche con e senza reazione; cenni ai modelli di turbolenza (RANS Reynolds Averaged Navier-Stokes equations); cenni ai modelli di flusso multifase (mixture model). Simulazioni CFD in ambiente FLUENT: impostazione del problema; definizione del dominio di integrazione e relativa mesh; impostazione delle proprietà fisiche dei materiali; introduzione delle condizioni iniziali ed al contorno; selezione del solutore; analisi dei risultati.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni. Esercitazioni di calcolo numerico

**Materiale didattico:**

Villaggio, P., *Mathematical models for elastic structures*, Cambridge University Press, 2005.

Maugin, G.A., *The thermomechanics of plasticity and fracture*, Cambridge University Press, 1992. Zienkiewicz, O.C.,

Taylor, R.L., *The Finite Element Method (5th Edition), Volume 1 – the basis*, Elsevier, 2000.

*Ferziger J.H., Peric M., Computational Methods for Fluid Dynamics*

*Pozrikidis C., Introduction to Theoretical and Computational Fluid Dynamics*

Tutorials dei pacchetti software utilizzati

**Modalità di esame:** Colloquio orale. Realizzazione di un elaborato con l'ausilio di un programma di calcolo numerico su un problema strutturale e/o fluidodinamico.

**Insegnamento:** Biomateriali

**CFU: 6 SSD: IND-ING/22**

**Ore di lezione: 40 Ore di esercitazione: 10**

**Anno di corso: II**

**Obiettivi formativi:**

Il modulo 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.

**Contenuti:**

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.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

Appunti dalle lezioni, materiale didattico offerto dal docente

Testo: *Introduzione allo studio dei materiali per uso biomedico* Autore Di Bello Carlo, Patron Editore

**Modalità di esame:** prove in itinere e/o prova finale; colloquio.

**Insegnamento:** Ingegneria dei tessuti

**CFU:** 6 **SSD:** IND-ING/22

**Ore di lezione:** 35 **Ore di esercitazione:** 18

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

Fornire, oltre ai fondamenti della biologia cellulare e molecolare, le conoscenze delle tecnologie utilizzate nell'ingegneria tessutale. Il corso integra le conoscenze di base di biomateriali, fenomeni di trasporto, bioreattoristica ed ingegneria dei tessuti con conoscenze fondamentali di meccanismi cellulari e molecolari per la realizzazione di tessuti attraverso bioibridi tessutali *in vitro*.

**Contenuti:**

L'Ingegneria dei tessuti: sfide e opportunità. Cenni sulla cellula e le sue funzioni. Organizzazione delle cellule in strutture di ordine superiore: tessuti ed organi. La risposta della cellula all'ambiente esterno. Differenziamento e sviluppo di tessuti. Riparo e rigenerazione. Struttura e funzioni della matrice extracellulare: applicazioni in TE. Approcci "cell-based" di ingegneria dei tessuti. Approcci "scaffold-based". Scaffold per ingegneria dei tessuti. Approcci "morphogen-based". Interazione cellula-materiale. Migrazione cellulare e crescita tissutale. Trasporto interstiziale. Controllo del microambiente. Design di bioreattori per ingegneria tessutale. Esempi di ingegnerizzazione di pelle, tessuto cartilagineo e osseo, vasi sanguinei e tessuto nervoso. Proprietà strutturali, chimiche e funzionali di scaffolds per la rigenerazione dei tessuti. Progettazione e produzione di scaffolds per la rigenerazione di tessuti duri e molli.

**Prerequisiti:** Biomateriali

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

**Modalità di esame:** prove in itinere e/o prova finale; colloquio.

**Insegnamento:** Fenomeni di Trasporto nelle Tecnologie dei Materiali

**CFU:** 9 **SSD:** ING-IND/22

**Ore di lezione:** 40 **Ore di esercitazione:** 40

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

Scopo del corso è l'approfondimento dei fenomeni di trasporto di quantità di moto, energia e materia con specifico riferimento alle tecnologie dei materiali; le equazioni di bilancio sono applicate nell'ambito di processi di trasformazione di interesse ingegneristico caratterizzati dall'accoppiamento delle varie tipologie di trasporto.

**Contenuti:**

Richiami sulle equazioni di variazione. Equazione di continuità. Bilancio macroscopico di materia. Equazione del moto. Equazione costitutiva per fluidi newtoniani. Equazione di Navier-Stokes. Bilancio macroscopico di quantità di moto. Effetti combinati di trascinamento e pressione in moto isoterma. Equazione dell'energia. Equazione dell'energia meccanica. Equazione dell'energia termica. Effetti combinati di trascinamento e pressione in moto non isoterma. Assunzioni semplificative comuni nelle tecnologie dei materiali: condizioni stazionarie e pseudo-stazionarie, lubrication approximation ed equazione di Reynolds per fluidi incomprimibili. Moto fra piatti non paralleli moto in bronza disassata. Equazioni costitutive di fluidi non newtoniani. Effetti combinati di trascinamento e pressione in moto isoterma di fluido a legge di potenza. Implicazioni del comportamento non newtoniano nelle tecnologie di

trasformazione. Trasporto di particolato solido. Leggi dell'attrito, agglomerazione e distribuzione delle pressioni nei contenitori e nelle tramogge. Equazione di Janssen. Compattazione e trasporto di particolato solido. Meccanismi di trasporto di calore e fusione. Cenni di sinterizzazione. Conduzione di calore in solido semi-infinito con proprietà termofisiche costanti e non costanti. Sorgenti di calore mobili. Trasporto di calore conduttivo con e senza rimozione forzata del fuso. Trasporto di calore per attrito e deformazione plastica. Meccanismi di miscelazione, pressurizzazione e pompaggio. Applicazione delle equazioni di trasporto alle tecnologie dei materiali: estrusione, filatura piana e in bolla, stampaggio ad iniezione e a compressione, filatura, calandratura.

**Prerequisiti:** Fenomeni di Trasporto

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

Z. Tadmor, C. G. Gogos – *Principles of Polymer Processing*, Wiley Ed.;

R. B. Bird, W. E. Stewart – E. N. Lightfoot – *Fenomeni di Trasporto*, Wiley Ed.

**Modalità di esame:** Colloquio orale

**Insegnamento:** Teoria dei Materiali e delle Strutture

**CFU:** 9 **SSD:** ICAR/08

**Ore di lezione:** 56 **Ore di esercitazione:** 20

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

Fornire gli strumenti conoscitivi, metodologici ed operativi volti all'analisi del comportamento meccanico di materiali compositi ed eterogenei, alla derivazione delle loro proprietà visco-poro-elastiche macroscopiche ed alla progettazione in ambito elastico ed ultra elastico di componenti elementari o strutture complesse di interesse per l'Ingegneria dei Materiali.

**Contenuti:**

Continuo: Deformazioni finite e tensori di sforzo di Piola, equazioni di equilibrio e di compatibilità; Elasticità: non omogeneità, anisotropia e legami costitutivi non lineari; Metodi variazionali: principi delle potenze virtuali, stazionarietà dell'energia potenziale totale e problemi di minimo associati; Omogeneizzazione: Teorema di Gauss generalizzato e tecniche di *averaging* per materiali compositi ed eterogenei; Elementi di dinamica, termo-meccanica, plasticità, frattura, visco-elasticità e poro-elasticità. Modelli monodimensionali e bidimensionali per l'analisi delle strutture: cinematiche di primo e secondo gradiente su travi e piastre; trave di Timoshenko e modelli polari; relazioni tra sollecitazioni e stati di sforzo-deformazione locali; stabilità dell'equilibrio. Metodi numerici per il calcolo delle strutture: Metodo degli Elementi Finiti. Applicazioni.

**Prerequisiti:** Oltre ad un background standard di matematica, fisica, geometria ed algebra lineare, allo studente è richiesta la preliminare conoscenza dei concetti fondamentali di meccanica razionale, teoria dell'elasticità e resistenza dei materiali

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

Appunti del Corso

Villaggio, P. *Mathematical Models for Elastic Structures*, Cambridge University Press, 1997

Nemat-Nasser, S., Hori, M., *Micromechanics: overall properties of heterogeneous materials*, North-Holland, 1999.

Maugin, G.A., *The thermomechanics of plasticity and fracture*, Cambridge University Press, 1992

Boley, B.A., Weiner, J.H., *Theory of thermal stresses*, Dover Publications, inc., 1997

**Modalità di esame:** Prova finale scritta ed orale

**Insegnamento:** Progettazione Bio-mimetica di materiali

**CFU:** 12 **SSD:** IND-ING/22

**Ore di lezione:** 85 **Ore di esercitazione:** 13

**Anno di corso:**

**Obiettivi formativi:**

Il corso vuole fornire le linee guida per la progettazione di materiali usando strategie di mimesi biologica con particolare attenzione alla progettazione di materiali utilizzati nel campo dei nuovi approcci terapeutici e diagnostici. Il corso propone la decodifica di strategie tipiche della biologia- organizzazione supramolecolare, riconoscimento molecolare – per la realizzazione di materiali funzionali capaci di interagire con molecole, cellule e tessuti per applicazioni nel campo del rilascio controllato dei farmaci, biosensoristica, ingegneria dei tessuti.

**Contenuti:**

Richiami di biochimica: Struttura e funzione di proteine e peptidi. Struttura e funzione di acidi nucleici. Interazioni tra biomolecole. Self-assembly di biomolecole. Progettazione e realizzazione di materiali per guidare specifici processi cellulari. Progettazione e realizzazione di materiali e dispositivi per il riconoscimento specifico di molecole.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni



**Materiale didattico:**

Appunti dalle lezioni, materiale didattico offerto dal docente

**Modalità di esame:** Prova scritta a risposta aperta

**Insegnamento:** Organi artificiali e protesi

**CFU:** 6 **SSD:** IND-ING/22

**Ore di lezione:** 50 **Ore di esercitazione:** 28

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

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 “molliti”.

**Contenuti:**

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.

**Prerequisiti:** Biomateriali

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:** Appunti e slide delle lezioni

**Modalità di esame:** Colloquio.

**Insegnamento:** Materiali e tecniche per la tutela dei beni culturali

**CFU:** 9 **SSD:** ING-IND/22

**Ore di lezione:** 72 **Ore di esercitazione:**

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

*Conoscenza e capacità di comprensione* - 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.

*Capacità di applicare conoscenza e comprensione* - 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.

*Autonomia di giudizio* - 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

*Abilità comunicative* - 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.

*Capacità di apprendere* - 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.

**Contenuti:**

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 non distruttive. Valutazione dei risultati diagnostici ai fini del recupero e della conservazione dei materiali. Materiali e tecnologie per il recupero ed il consolidamento superficiale e strutturale. Valutazione della compatibilità fisica, chimica e biologica dei materiali con lo stato dei manufatti. Materiali protettivi e consolidanti. Criteri di valutazione ai fini dell'intervento di recupero. Manutenzione, pulitura delle superfici e principi della conservazione dei materiali.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni, esperienze di laboratorio e seminari

**Materiale didattico:** Appunti delle lezioni.

**Modalità di esame:** Prova scritta finale e colloquio

**Insegnamento:** Meccanica dei mezzi continui

**CFU:** 6 **SSD:** MAT/07

**Ore di lezione:** 42 **Ore di esercitazione:** 10

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

Fornire un approccio fisico-matematico unitario allo studio della meccanica di mezzi continui, ed all'interno di questo caratterizzare le principali classi di materiali. Esercitare all'applicazione di tecniche matematiche alla risoluzione di qualche semplice problema di meccanica dei continui.

**Contenuti:**

Descrizioni lagrangiana ed euleriana di un sistema continuo. Equazione di continuità della massa e teorema del trasporto. Tensori. Scalari, vettori e tensori oggettivi. Tensori gradiente di velocità, velocità di dilatazione e vortice. Moti rigidi. Gradiente e tensore di deformazione. Sforzo specifico, teorema di Cauchy e tensore degli sforzi, equazioni di bilancio globale e locale della quantità di moto. Continui semplici e polari; momento degli sforzi specifico, teorema di Cauchy e tensore momento degli sforzi. Equazione di bilancio globale e locale del momento angolare per continui semplici e polari. Rappresentazione geometrica del tensore degli sforzi tramite le quadriche ed i cerchi di Mohr associati. Densità di energia interna, potenza termica radiativa e conduttiva, vettore flusso di calore. Equazioni di bilancio dell'energia (primo principio della termodinamica) globale e locale. Secondo principio della termodinamica, entropia ed energia libera specifiche. Disuguaglianze di Fourier, Clausius-Duhem e dissipazione ridotta. Equazioni di stato cinetica, calorica ed equazioni costitutive, come strumento di classificazione dei mezzi continui. Fluidi (perfetti, newtoniani, non newtoniani compressibili/incompressibili), materiali elastici (lineari e non), termoelastici, viscoelastici, plastici. Specializzazione delle equazioni generali alle singole classi di mezzi (Eulero, Navier-Stokes, Navier, etc), e derivazione di alcuni semplici proprietà o fenomeni che li caratterizzano.

**Prerequisiti:** Analisi II, Geometria ed algebra, Fisica matematica

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:** Appunti del corso di lezioni, testi reperibili alla biblioteca dl Biennio.

**Modalità di esame:** Colloquio

**Insegnamento:** Corrosione e Protezione dei Materiali

**CFU:** 9 **SSD:** ING-IND/23

**Ore di lezione:** 56 **Ore di esercitazione:** 20

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

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 che cinetici e coprono un ampio settore dei materiali correntemente impiegati in diversi comparti sia industriale che civile. Durante il corso saranno esaminati e discussi diversi casi di interesse industriale. Sono, inoltre, previste esercitazioni di laboratorio con partecipazione diretta degli allievi.

**Contenuti:**

Significato tecnico ed economico del processo di degradazione e di curabilità dei materiali. Aspetti morfologici, termodinamici, cinetici. Fenomeni di degradazione localizzati e generalizzati e loro impatto sulla affidabilità strutturale in dipendenza del settore applicativo. Effetto di fattori metallurgici, meccanici ed ambientali. Durabilità dei materiali metallici esposti all'atmosfera e ad ambienti di interesse dell'ingegneria civile ed industriale. Corrosione sotto sforzo, corrosione a fatica ed infragilimento da idrogeno. Degradazione ambientale di materiali lapidei quali il calcestruzzo e parametri che influenzano la durabilità delle strutture in cemento armato. Metodi di prevenzione e protezione dalla corrosione. Rivestimenti organici, inorganici, protezione attiva e passiva ed uso di nanotecnologie per la protezione dalla corrosione. Tecniche di ispezione, prove non distruttive e dati di corrosione per le scelte di progetto e di manutenzione correttiva. Casi pratici.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

G. Bianchi, F. Mazza– Corrosione e Protezione dei Metalli, Casa Editrice Ambrosiana;

Pietro Pedeferra – Corrosione e Protezione dei Materiali Metallici Vol I, polipresseditore;

Pietro Pedeferra – Corrosione e Protezione dei Materiali Metallici Vol II, polipresseditore;

D.A. Jones–Principles and Prevention of Corrosion, Macmillan Publishing Company, New York

**Modalità di esame:** Colloquio

**Insegnamento:** Meccanica dei fluidi e reologia

**Modulo:** Meccanica dei fluidi complessi

**CFU:** 6 **SSD:** ING/IND-24

**Ore di lezione:** 30 **Ore di esercitazione:** 25

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

Analizzare il legame tra la microstruttura dei fluidi complessi e le loro proprietà macroscopiche, con particolare riferimento al comportamento in flusso e deformazione.

**Contenuti:**

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 dumbbell. 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. Polielettroliti. Tensioattivi. Sistemi micellari. Sistemi complessi polimerotensioattivo. Transizioni di fase. Transizione sol-gel. Il gel critico. Proprietà viscoso e viscoelastiche. Esempi di sistemi sol-gel: gel chimici e gel fisici. Copolimeri. Copolimeri random e a blocchi. Microseparazione di fase. Polimeri cristallini e liquido-cristallini

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

R.G. Larson, "The structure and rheology of complex fluids", Oxford University Press, New York 1999

Appunti delle lezioni

**Modalità di esame:** Prova orale

**Modulo:** Reologia

**CFU: 6 SSD: ING/IND-24**

**Ore di lezione: 30 Ore di esercitazione: 25**

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

Il corso si propone di: 1) illustrare la fenomenologia relativa al comportamento reologico di fluidi a carattere newtoniano e non, 2) fornire strumenti utili per la caratterizzazione reologica di tali fluidi, 3) fornire strumenti per la trattazione quantitativa di problemi di flusso di interesse processistico.

**Contenuti:**

Fluidi newtoniani e richiami dell'equazione di Navier-Stokes. Il caso dei moti viscosi e la teoria della lubrificazione. Fluidi non-newtoniani. Fenomenologia. Fluidi con viscosità variabile. Shear thinning. Moto in tubi. Viscoelasticità e numero di Deborah. Die swell. Reometria "viscosa". Reometri rotazionali. Reometri a capillare. Viscosimetro a caduta di sfera. Melt Flow Index. La misura della risposta elongazionale. Reometria "viscoelastica". Viscoelasticità lineare. Risposta in frequenza. Step strain. Differenze di sforzi normali. Start-up. Equazioni costitutive per la reologia di fluidi viscoelastici. Equazioni costitutive di tipo integrale e di tipo differenziale. Soluzione per flussi spazialmente omogenei (flussi semplici). Comportamento reologico dei materiali polimerici. Blend polimerici. Polimeri caricati e nano strutturati. La processazione di polimeri termoplastici. L'estrusore. La sezione di trasporto del solido, la sezione di fusione e la sezione di pompaggio. Il "punto di lavoro" dell'estrusore. Cenni sull'effetto della reologia sul punto di lavoro.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

M. M. Denn, "Process Fluid Mechanics", Prentice-Hall (1980)

C. W. Macosko, "Rheology - Principles, Measurements and Applications", Wiley (1994).

Appunti delle lezioni

**Modalità di esame:** Prova orale

**Insegnamento:** Solidi bidimensionali ed applicazioni strutturali

**CFU: 9 SSD: ICAR/09**

**Ore di lezione: 56 Ore di esercitazione: 20**

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

*Conoscenza e capacità di comprensione* - La frequenza del corso consentirà di acquisire le basi conoscitive per affrontare la valutazione dello stato di sollecitazione in solidi bidimensionali piani e curvi e di comprendere le potenzialità di applicazione di alcuni materiali strutturali per le forme strutturali suddette. La frequenza e lo studio del corso contribuirà all'acquisizione di sufficiente capacità di comprensione della distribuzione degli sforzi nei solidi bidimensionali e dell'analisi delle condizioni al contorno, grazie anche all'ausilio delle esercitazioni.

*Capacità ad applicare conoscenza e comprensione* - Capacità di applicare le conoscenze acquisite al fine di valutare il comportamento sotto carico di elementi bidimensionali e di stabilire lo stato sollecitativo considerando le condizioni di vincolo.

*Autonomia di giudizio* - Essere capaci di valutare le implicazioni di adozione di elementi di tipologia diversa riguardo lo stato di sforzo e gli effetti locali di bordo e di comprendere la relativa idoneità di materiali strutturali diversi in relazione alla forma strutturale.

*Abilità comunicative* - Essere in grado di utilizzare un linguaggio tecnicamente corretto, ma semplice ed intuitivo, per descrivere i diversi possibili stati sollecitativi dei solidi bidimensionali, illustrando con esempi concreti le possibili situazioni di applicazione delle diverse tipologie di elementi

*Capacità di apprendimento* - Acquisire la capacità di aggiornare le proprie conoscenze in relazione ai possibili metodi risolutivi dei sistemi bidimensionali ed alle applicazioni strutturali di tali sistemi utilizzando diverse tipologie di materiali.

**Contenuti:**

Il corso si compone di due parti fondamentali. La prima parte, dopo un richiamo all'analisi di strutture monodimensionali generiche, è dedicata allo studio dei sistemi bidimensionali ed alla valutazione dello stato di sollecitazione in campo elastico per tali sistemi. La seconda parte presenta alcuni materiali strutturali e le peculiarità di applicazione e calcolo per le forme strutturali analizzate.

Prima parte - Analisi di strutture monodimensionali generiche; richiami alla teoria tecnica delle travi inflesse. Le lastre piane. Lastre circolari caricate simmetricamente. Lastre di forma qualsiasi. Equazione differenziale della linea elastica; condizioni al contorno. Lastra rettangolare appoggiata o incastrata al contorno. Metodi risolutivi esatti ed approssimati. Lastre continue. Le membrane curve. Le lastre curve. Tubi cilindrici. Tubi lunghi. Tubi corti. Serbatoi cilindrici ad asse verticale. Condotte cerchiare. Stabilità dell'equilibrio elastico.

Seconda parte - Cemento armato: Modelli di calcolo ed applicazioni. Il vetro strutturale. Modelli di calcolo ed applicazioni.

**Prerequisiti:** Elasticità e frattura dei materiali o Scienza delle costruzioni

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

Appunti del Corso

O. Belluzzi "Scienza delle Costruzioni – Vol. 3" Zanichelli editore

CNR-DT 210/2013 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Costruzioni con Elementi Strutturali di Vetro" Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Modalità di esame:** Prova scritta finale, colloquio finale.

**Insegnamento:** Comportamento meccanico dei materiali

**CFU:** 9 **SSD:** ING-IND 14

**Ore di lezione:** 48 **Ore di esercitazione:** 24

12

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

Fornire le conoscenze di base del comportamento meccanico dei materiali, con l'obiettivo di permettere il proporzionamento di organi di macchine. Analizzare i comportamenti a tensione e deformazione di significativi elementi strutturali. Effettuare calcoli di verifica e proporzionamento di alcuni componenti delle costruzioni meccaniche.

**Contenuti:** Prove statiche sui materiali: trazione, compressione, flessione, torsione. Comportamento dei materiali in regime elastico lineare, richiami di teoria della trave. Esercitazione: Dimensionamento statico di un albero per trasmissione di potenza. Richiami sull'instabilità dell'equilibrio elastico. Richiami sul metodo degli elementi finiti. Recipienti in parete sottile: definizioni, regime di membrana, equazioni di equilibrio. Buckling dei recipienti in parete sottile premuti dall'esterno. Instabilità a soffiato. Legame elasto-plastico; legge di normalità, modelli di incrudimento. Pressione di scoppio dei recipienti per gas. Esercitazione: dimensionamento di recipienti in parete sottile per gas e per liquidi. Recipienti cilindrici in parete spessa: equazione d'equilibrio, formule fondamentali. Accoppiamento forzato tra cilindri: analisi delle tensioni residue. Recipienti Multistrato. Recipienti Autoforzati. Recipienti Nastrati Comportamento dei materiali ad alta temperatura. Creep, rilassamento, modelli reologici. Transizione duttile-fragile nei materiali metallici: effetto della temperatura, della velocità di deformazione, della geometria e delle lavorazioni meccaniche. Criterio di frattura di Griffith. Soluzioni di Wastergaard esatte ed approssimate, SIF. Criterio di Irwin, Tenacità alla frattura, raggio plastico, correzione del SIF. Curve R, Prove di Tenacità a Frattura. Integrale J, CTOD. Fatica: terminologia, curve di Woehler, criterio del ciclo di isteresi, curve P-S-N. Effetto del precarico: diagrammi di Haigh-Soderberg, diagrammi di Goodman, diagramma di Smith. Effetto d'intaglio: fattori di concentrazione delle tensioni e delle deformazioni, formula di Neuber, intagli in serie, intagli in parallelo, intagli di scarico. Fattori di riduzione della resistenza a fatica, sensibilità all'intaglio. Elementi di micromeccanica del danno da fatica. Meccanismi di nucleazione, lunghezza di transizione micro-macrocricca. Morfologia delle superfici di frattura per fatica. Effetto del grado di finitura superficiale e dei trattamenti termici. Pallinatura, rullatura. Procedure di dimensionamento a fatica dei componenti intagliati: fatica elastica, shakedown, fatica plastica. Effetto sequenza, legge di danno di Palmgren e Miner, Metodi di conteggio. Meccanismo di Formazione delle Striature, curve sperimentali di propagazione. Modelli di Propagazione, effetto ritardo. Fracture Control: ispezioni periodiche, safe-life, fail-safe, proof testing. Esercitazione:

Dimensionamento di un albero soggetto a fatica. Esercitazione: Criteri fondamentali per il calcolo delle ruote dentate.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni

**Materiale didattico:**

Dispense rese disponibili sul sito del docente

**Modalità di esame:** Prove applicative in itinere; colloquio

**Insegnamento:** Trattamenti superficiali dei materiali

**CFU:** 9 **SSD:** Ing-Ind/23

**Ore di lezione:** 64 **Ore di esercitazione:** 10

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

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.

**Contenuti:**

Energia superficiale, definizione e determinazione. Bagnabilità, adesione. Trattamenti superficiali di materiali inorganici ed organici. Deposizione fisica da fase vapore (Physical Vapour Deposition): Evaporazione sotto vuoto, 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.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni in aula, esercitazioni in laboratorio

**Materiale didattico:** dispense fornite dal docente

**Modalità di esame:** Prova orale

**Insegnamento:** Modellistica elettromagnetica dei materiali

**CFU:** 6 **SSD:** ING-IND/31

**Ore di lezione:** 56 **Ore di esercitazione in laboratorio:** 20

**Anno di corso:** II

**Obiettivi formativi:**

Fornire i concetti fondamentali relativi al dimensionamento dei materiali in base alle sollecitazioni elettriche e magnetiche in applicazioni fondamentali in campo industriale; collegare tale dimensionamento alle sollecitazioni meccaniche, termiche ed ambientali; fare acquisire adeguate capacità di verifiche progettuali e di organizzazione di prove di laboratorio.

**Contenuti:** Equazioni di Maxwell in forma locale nel vuoto ed in presenza di mezzi materiali. Equazioni di Laplace-Poisson. Problema di Laplace-Poisson. Risoluzioni analitiche, grafiche, numeriche. Modelli di conduzione elettrica nei solidi e nei liquidi e nei gas. Modelli di polarizzazione elettrica in regime stazionario e sinusoidale: Comportamento dielettrico dei gas, dei liquidi e dei solidi. Isolanti naturali ed inorganici di sintesi; isolanti organici di sintesi, Polimeri. Perdite dielettriche. Permittività complessa. Modelli di collasso nei gas: Meccanismi di scarica (Townsend – Meek, Raether), Legge di Paschen. Campi uniformi e non-uniformi. Modelli di scarica su lunghe distanze. Meccanismi di collasso nei solidi, nei liquidi e nei compositi; collasso superficiale o interstiziale. Processi di invecchiamento: corrosione dei materiali metallici; inquinamento dei liquidi; degrado dei solidi isolanti (chimico, termico, elettrico); tracking, treeing. Materiali magnetici: modelli fondamentali - Caratteristiche di magnetizzazione - Isteresi - Magneti permanenti. Elettromagneti. Attività sperimentale nella Sala Alta Tensione: Rilievo ed analisi di caratteristiche di tenuta e di scarica in aria ad impulso ed a tensione sinusoidale.

**Prerequisiti / Propedeuticità:** Nessuna

**Metodo didattico:** Lezioni ed esercitazioni numeriche e di laboratorio

**Materiale didattico:**

Appunti dalle lezioni e materiale didattico di supporto reperibile sul sito [www.elettrotecnica.unina.it](http://www.elettrotecnica.unina.it)

**Modalità di esame:** Colloquio ed eventuale elaborato numerico o collegato ad esercitazioni di laboratorio

**Allegato III - Corrispondenza fra CFU degli insegnamenti dei Corsi di Laurea/Laurea Specialistica in Ingegneria dei Materiali degli ordinamenti preesistenti e CFU degli insegnamenti del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali dell'Ordinamento regolato dal D.M. 270/04, direttamente sostitutivo dei preesistenti.**

**Tabella 1: Opzioni dal Corso di Laurea Specialistica regolato dall'ordinamento ex DM509/99 al Corso di Laurea Magistrale regolato dall'ordinamento ex DM270/04**

- Ai CFU dell'insegnamento del preesistente ordinamento corrispondono i crediti indicati nella colonna 4, assegnati ai moduli del Corso di Laurea Magistrale del nuovo ordinamento riportati nella colonna 3.
- I CFU residui, differenza fra i CFU in colonna 2 e i CFU in colonna 4, sono attribuiti ai settori scientifico-disciplinari indicati in colonna 5. Essi potranno essere utilizzati nell'ambito delle attività formative autonomamente scelte dallo studente.
- Il riconoscimento di CFU acquisiti nell'ambito dei Corsi regolati dall'ordinamento ex 509/99 potrà avvenire nel caso in cui i CFU in colonna 2 siano in numero inferiore ai CFU in colonna 4 senza ulteriori adempimenti ove si riconosca la sostanziale coincidenza di obiettivi formativi e contenuti. Negli altri casi (contrassegnati da un asterisco in colonna 6) il riconoscimento avverrà previa forme integrative di accertamento con il docente titolare dell'insegnamento ex DM 270/04.
- L'eventuale corrispondenza di insegnamenti dell'Ordinamento preesistente che non compaiono nella tabella sarà valutata caso per caso.

1	2	3	4	5	6
L'insegnamento/modulo dell'ordinamento ex DM 509/99	CFU	corrisponde all'insegnamento/modulo dell'Ordinamento ex DM 270/04	CFU	Settore scientifico - disciplinare dei CFU residui	
Modelli e metodi numerici per l'ingegneria	6	Modelli e metodi numerici per l'ingegneria	9	MAT/07	*
Termodinamica dei materiali	6	Termodinamica dei materiali	9	ING-IND/22	*
Materiali compositi	4	Tecnologie dei materiali compositi	9	ING-IND/16	*
Tecnologie dei materiali compositi	4	Tecnologie dei materiali compositi	9	ING-IND/16	*
Materiali compositi	4	Tecnologie dei materiali compositi	9	ING-IND/16	
Tecnologie dei materiali compositi	4				
Materiali ceramici speciali	6	Tecnologie dei materiali ceramici	9	ING-IND/22	*
Proprietà tecnologiche e fisiche dei polimeri	4	Tecnologie dei polimeri	9	ING-IND/22	*
Tecnologie di trasformazione delle materie plastiche	6	Tecnologie dei polimeri	9	ING-IND/22	*
Proprietà tecnologiche e fisiche dei polimeri	4	Tecnologie dei polimeri	9	ING-IND/22	
Tecnologie di trasformazione delle materie plastiche	6				
Modellistica elettromagnetica dei materiali	6	Proprietà elettromagnetiche dei materiali	9	ING-IND/31	*
Scienza dei metalli	4	Metallurgia ed elementi di tecnologia dei metalli	9	ING-IND/21	*
Struttura della materia	6	Superconduttività	9	FIS/03	*
Superconduttività	3	Superconduttività	9	FIS/03	*
Struttura della materia	6	Superconduttività	9	FIS/03	*
Superconduttività	3				
Chimica applicata alla tutela di materiali e manufatti di interesse storico	6	Materiali e tecniche per la tutela dei beni culturali	9	ING-IND/22	*
Chimica applicata alla tutela di materiali e manufatti di interesse storico	4	Materiali e tecniche per la tutela dei beni culturali	9	ING-IND/22	*
Biomateriali	6	Biomateriali	6	ING-IND/22	
Fenomeni di trasporto nelle tecnologie dei materiali	6	Fenomeni di trasporto nelle tecnologie dei materiali	9	ING-IND/22	*
Materiali funzionali in biomedicina	6	Progettazione bio-mimetica dei materiali	12	ING-IND/22	*
Materiali funzionali in biomedicina	5	Progettazione bio-mimetica dei materiali	12	ING-IND/22	
Modifiche funzionali dei materiali polimerici	3	Progettazione molecolare dei materiali	9	CHIM/07	*
Reologia	6	Reologia	9	ING-IND/24	*
Corrosione e protezione dei materiali	8	Corrosione e protezione dei materiali	9	ING-IND/23	
Degradazione ambientale dei materiali	4	Corrosione e protezione dei materiali	9	ING-IND/23	*
Degradazione ambientale dei materiali	5	Corrosione e protezione dei materiali	9	ING-IND/23	*
Gestione della produzione industriale	6	Gestione della produzione industriale	9	ING-IND/17	*
Meccanica dei fluidi complessi	4	Meccanica dei fluidi complessi	9	ING-IND/24	*

1	2	3	4	5	6
<b>L'insegnamento/modulo dell'ordinamento ex DM 509/99</b>	<b>CFU</b>	<b>corrisponde all'insegnamento/modulo dell'Ordinamento ex DM 270/04</b>	<b>CFU</b>	<b>Settore scientifico - disciplinare dei CFU residui</b>	
Trattamenti superficiali dei materiali	6	Trattamenti superficiali dei materiali	9	ING-IND/23	*
Trattamenti superficiali dei materiali	4	Trattamenti superficiali dei materiali	9	ING-IND/23	*
Materiali per sensori	4	Sensori e trasduttori di misura	9	ING-INF/07	*
Misure sui materiali	4	Misure per l'ingegneria dei materiali	9	ING-INF/07	*
Teoria dei materiali e delle strutture	6	Teoria dei materiali e delle strutture	9	ICAR/08	*
Elementi di meccanica dei sistemi continui	6	Meccanica dei mezzi continui	6	MAT/07	
Tecnica delle costruzioni	6	Tecnica delle costruzioni	9	ICAR/09	*
Materiali per i componenti di macchine	5	Comportamento meccanico dei materiali	9	ING-IND/14	*