



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA, DEI MATERIALI
E DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE**

GUIDA DELLO STUDENTE

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA
DEI MATERIALI**

Classe delle Lauree Magistrali in Scienza e Ingegneria dei Materiali N. LM-53

ANNO ACCADEMICO 2016/2017

Napoli, luglio 2016

Finalità del Corso di Studi e sbocchi occupazionali

Il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali 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 (FEM) 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.

DIDATTICA PROGRAMMATA

Tab. I – Insegnamenti

I Anno			
Attività formativa	CFU	SSD	Tipologia
I Semestre			
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)
II Semestre			
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)
II Anno			
I Semestre			
Progettazione molecolare dei materiali	9	CHIM/03	Discipline fisiche e chimiche (DM 270/04, Art. 10 comma 1, b)
II Semestre			
Materiali nanostrutturati	9	FIS/03	Discipline fisiche e chimiche (DM 270/04, Art. 10 comma 1, b)
I / II Semestre			
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 come minimo ottenuto scegliendo soltanto **due insegnamenti**.
 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
I Semestre		
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
II Semestre		
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
I Semestre			
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
II Semestre			
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
I Semestre			
Materiali per le nanotecnologie		9	FIS/03
Gestione della produzione industriale		9	ING-IND/17
Elementi di analisi funzionale e applicazioni		9	MAT/05
II Semestre			
Sensori e trasduttori di misura		9	ING-INF/07
Sicurezza degli impianti industriali		9	ING-IND/17

Attività formative

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*, 2nd edition, CRC Press, 2006

Stanley I. Sandler, *Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics*, 4th 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 σ - ϵ 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_g, 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 trasformazione 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. Brucciner, 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; TiO₂; ZnO. Sensori di gas e di umidità. Conduttori cationici: NaCl drogato con MnCl₂; AgCl drogato con CdCl₂. Elettroliti solidi: AgI; RbAg₄I₅; beta-allumina. Applicazioni degli elettroliti solidi: Batteria Na/S; Batteria ZEBRA. Conduttori anionici: PbF₂ e ZrO₂ stabilizzata con CaO e ZrO₂. Applicazioni dei conduttori anionici: sensori di O₂ a base di CSZ e TiO₂; 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, bioreattistica 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, filmatura 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 cerchiato. 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

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

Calendario delle attività didattiche - a.a. 2016/2017

	Inizio	Termine
1° periodo didattico	20/09/2016	16/12/2016
1° periodo di esami ^(a)	17/12/2016	04/03/2017
2° periodo didattico	06/03/2017	09/06/2017
2° periodo di esami ^(a)	10/06/2017	31/07/2017
3° periodo di esami ^(a)	29/08/2017	30/09/2017

(a): per allievi in corso

Referenti del Corso di Studi

Coordinatore Didattico: Giancarlo Caprino – tel. 081/7682369 - e-mail: caprino@unina.it.

Segretaria didattica: Paola Desidery – tel. 081/7682552 – e-mail: desidery@unina.it.

Orari delle lezioni: Giovanni Filippone – tel. 081/7682407 – e-mail:

giovanni.filippone@unina.it.

Piani di studio e pratiche studenti: Giancarlo Caprino – tel. 081/7682369 - e-mail:

caprino@unina.it.

Erasmus: Veronica Ambrogi – tel. 081/7682410 – e-mail: veronica.ambrogi@unina.it.

Sito web: Paolo Aprea – tel. 081/7682550 – e-mail: paolo.aprea@unina.it.

Sito web del Corso di Studi: www.scingmat.unina.it