



# UNIVERSITÀ DI PISA

## SCIENZA E INGEGNERIA DEI MATERIALI

### MARIA BEATRICE COLTELLI

Anno accademico	2023/24
CdS	INGEGNERIA CHIMICA
Codice	985II
CFU	9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
SCIENZA E INGEGNERIA DEI MATERIALI	ING-IND/22	LEZIONI	90	LAURA ALIOTTA MARIA BEATRICE COLTELLI VITO GIGANTE

#### Obiettivi di apprendimento

##### Conoscenze

Obiettivi: Fornire conoscenza sugli elementi essenziali che caratterizzano le proprietà chimiche, fisiche e meccaniche dei materiali.

Esaminare i materiali principali in termini di natura chimica, struttura, proprietà e durabilità

Fornire indicazioni sul loro utilizzo in sicurezza e sulla loro sostenibilità.

##### Modalità di verifica delle conoscenze

Nell'esame scritto (durata 3 ore) lo studente dovrà dimostrare la sua conoscenza sugli argomenti trattati nel corso, e la capacità di applicarla per risolvere esercizi e problemi. Durante l'orale lo studente dovrà dimostrare la capacità di discutere e collegare tra loro gli argomenti trattati nel corso. Lo studente deve dimostrare consapevolezza critica verso gli argomenti affrontati ed esprimersi con termini tecnici appropriati.

Methods:

- Esame finale scritto
- Esame finale orale

Ulteriori informazioni:

Esame finale scritto 50%, esame finale orale 50% per calcolo voto dell'esame.

##### Capacità

Al termine del corso lo studente avrà piena padronanza delle conoscenze basilari sui materiali:

-- avrà la capacità di correlare la struttura chimica e morfologia delle principali classi di materiali con le loro diverse proprietà fisiche e meccaniche

-- avrà la capacità di comprendere ed interpretare un diagramma di stato e progettare una miscela in base ai requisiti richiesti

-- avrà la capacità di saper selezionare il materiale adatto per una determinata applicazione e saperne prevedere prestazioni, effetti del degrado e sostenibilità ambientale.

Lo studente saprà risolvere esercizi su proprietà fisiche e meccaniche dei materiali.

##### Modalità di verifica delle capacità

Durante il corso verranno svolti degli esercizi simili a quelli che verranno proposti nella prova scritta.

##### Comportamenti

Attraverso la frequenza alla lezioni ed esercitazioni lo studente potrà acquisire consapevolezza sull'importanza della natura chimico-fisica dei materiali, e sulla correlazione tra la loro struttura e le loro proprietà, considerando anche gli effetti di lavorazione, modifica dei materiali e le prestazioni in diversi ambienti. Lo studente realizzerà l'importanza della conoscenza delle proprietà dei materiali per ingegneria chimica e per lo studio dei materiali stessi, e loro sviluppo ed utilizzo futuro in applicazioni industriali.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Modalità di verifica dei comportamenti

Durante le lezioni, le prove in itinere o l'esame scritto finale, e durante l'orale, verrà verificata la capacità dello studente di applicare i concetti teorici appresi nel corso per la soluzione di problemi pratici e per la selezione appropriata di materiali per date applicazioni.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Conoscenze di chimica (inorganica e organica) e fisica generale

### Indicazioni metodologiche

Le lezioni sono di tipo frontale tradizionale, supportate da occasionali visite ai laboratori.

Il materiale didattico è costituito dai testi di riferimento, dalle slides delle lezioni disponibili su e-learning. L'interazione con lo studente avviene anche al di fuori della lezione mediante ricevimenti concordati con il docente per posta elettronica.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### La struttura dei solidi

Struttura e legami degli atomi. Legame metallico e conduzione elettronica, cristalli molecolari, cristalli ionici, cristalli metallici, cristalli covalenti, energia reticolare. Reticolo spaziale e celle elementari. Sistemi cristallini e reticoli di Bravais. Principali strutture cristalline nei metalli e nei ceramici. Posizioni, direzioni e piani nelle celle elementari cubiche. Indici di Miller. Numero di coordinazione. Piani e direzioni nelle celle elementari esagonali. Strutture cristalline FCC, EC e CCC a confronto. Densità volumetrica planare e lineare. Polimorfismo e allotropia. Monocristalli. Diffrazione ai raggi X. Legge di Bragg. Analisi della struttura cristallina.

#### Imperfezioni nei solidi

Difetti di punto: vacanze e difetti autointerstiziali. Impurezze nei solidi. Difetti di linea: dislocazioni. Difetti interfacciali. Difetti di massa o di volume. Tecniche microscopiche. Concetto di microstruttura: grani e bordo dei grani. Determinazione della dimensione del grano.

#### La diffusione nei solidi

Diffusione atomica nei solidi. Meccanismi di diffusione. Diffusione stazionaria e non. I trattamenti superficiali come esempio di applicazione industriale dei processi di diffusione: cementazione, nitrurazione, calorizzazione. Effetto della temperatura sulla diffusione dei solidi.

#### Proprietà meccaniche dei materiali

Concetti di sforzo e deformazione. Elasticità. Modulo di Young e altri moduli elastici. Viscoelasticità. Deformazioni plastiche dei metalli e dei polimeri. Prova di trazione e diagramma sforzo-deformazione: aspetti macroscopici e microscopici. Le prove di durezza e la prova di resilienza; Cenni di meccanica della frattura: *K<sub>IC</sub>*. La resistenza a fatica e la prova di fatica; il limite di fatica. Creep.

#### Deformazione e meccanismi di indurimento

Caratteristiche delle dislocazioni. Sistemi di scorrimento. Scorrimento nei singoli cristalli. Deformazione plastica dei materiali policristallini. Deformazione per geminazione. Indurimento per riduzione della dimensione del grano. Indurimento per formazione di una soluzione solida. Incrudimento.

#### Diagrammi di fase

Limite di solubilità. Fasi. Equilibri di fase. Soluzioni solide. Diagrammi di stato di sostanze pure. Regola delle fasi di Gibbs. Leghe binarie isomorfe. Leggi di Hume Rothery. Regola della leva. Solidificazione delle leghe in condizioni non di equilibrio. Leghe binarie eutettiche. Diagrammi di equilibrio con fasi o composti intermedi. Leghe binarie peritettiche. Sistemi binari monotettici. Trasformazioni invarianti. Diagrammi di stato con fasi e composti intermedi. Trasformazioni di fase congruenti. Diagrammi di stato ternari. Il diagramma di fase ferro-cementite. (Fe-Fe<sub>3</sub>C). Evoluzione della microstruttura nelle leghe ferro-carbonio. L'influenza degli altri elementi di lega.

#### Trasformazioni di fase. Evoluzione della microstruttura e proprietà dei materiali

Solidificazione dei metalli. Struttura dei grani nei getti industriali. Solidificazione dei monocristalli. La cinetica delle reazioni in fase solida. Trasformazioni multifasiche. Diagrammi di trasformazione isoterma. Diagrammi di trasformazione in raffreddamento continuo. Comportamento meccanico delle leghe ferro-carbonio. Martensite rinvenuta..

#### I trattamenti termici delle leghe metalliche

Effetto degli elementi di lega negli acciai. Le curve di trasformazione isoterma ed anisoterma dell'austenite. Descrizione e comportamento delle tipiche microstrutture ottenibili. Trattamenti termici degli acciai (Ricottura, Normalizzazione, Tempra, Ricottura di lavorabilità, Rinvenimento). Temprabilità. Influenza del mezzo temprante, della dimensione della provetta e della geometria. I trattamenti di cementazione e nitrurazione. Processi di ricottura. Ricottura intermedia. Distensione. Ricottura delle leghe ferrose. Indurimento per precipitazione. Trattamenti termici. Meccanismo dell'invecchiamento.

#### Leghe metalliche

Fabbricazione dei metalli. Operazioni di formatura. Fusione. Altre tecniche. Il ferro e i minerali del ferro. I principali processi siderurgici; fabbricazione della ghisa all'alto forno, trasformazione della ghisa in acciaio, processi al convertitore, al Martin-Siemens, al forno elettrico. Leghe industriali ferro-carbonio; ghise e acciai. Ghise comuni e speciali; ghise sferoidali e malleabili. Classificazione degli acciai comuni, speciali e per applicazioni particolari. Caratteristiche meccaniche, metallurgiche e tipologie di impiego degli acciai comuni (acciai al C, al C-Mn e microlegati) e degli acciai speciali (acciai da bonifica, autotemperanti, per molle, da cementazione, da nitrurazione). Acciai inossidabili. Il rame e le sue leghe: Proprietà del rame; tipi di rame in commercio; i minerali del rame. Ottoni comuni e speciali. Bronzi comuni e speciali. Leghe cupro-nichel per l'elettrotecnica. Alluminio e sue leghe: Alluminio industriale. Cenni sulla metallurgia dell'alluminio. Classificazione delle principali leghe dell'alluminio. Titanio e sue leghe. Metalli refrattari. Superleghe.

#### Le materie plastiche

Classificazione dei materiali polimerici. I polimeri naturali e sintetici. Reazioni e metodi industriali di polimerizzazione. Struttura chimica dei materiali polimerici. Proprietà termiche e meccaniche dei materiali polimerici. Lavorazione dei materiali polimerici. Materiali termoplastici di uso generale. Polietilene, polivinilcloruro e suoi copolimeri, polipropilene, polistirene, poliacrilonitrile, stirene-acrilonitrile (SAN), ABS, polimetilmetacrilato (PMMA). Alti polimeri fluorurati. Tecnopolimeri: Poliammidi, policarbonato, polifenilenoossido, acetali, poliesteri termoplastici, polisolfoni, polifenilensolfuro, polieterimmide, leghe polimeriche. Materiali polimerici termoindurenti: Resine amminiche, cellulose, fenoliche,



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

poliestere, epossidiche. Elastomeri: Gomma naturale e gomme sintetiche. Gomma SBR, neoprene, elastomeri siliconici.

### **Materiali ceramici e vetri:**

Struttura dei materiali ceramici e dei vetri: proprietà chimiche, fisiche e meccaniche, processi di fabbricazione, di rinforzo e trattamenti termici. Tipologie di ceramici in base agli impieghi: refrattari, barriere termiche, rivestimenti antiusura, ceramici piezoelettrici, protezioni balistiche, isolanti elettrici. Applicazioni dei vetri: tipologie di vetri e classificazione in base al contenuto di silice.

### **I materiali compositi**

Classificazione dei materiali compositi. Compositi rinforzati con particelle. Materiali compositi fibrosi. Le fibre: di vetro, di carbonio, di boro; fibre polimeriche, ceramiche, metalliche; i whiskers. Le matrici: matrici organiche, metalliche, ceramiche, vetrose. Influenza della lunghezza delle fibre. Influenza dell'orientazione e della concentrazione delle fibre. Principali compositi a matrice organica, metallica e ceramica. Metodi di fabbricazione in stampo aperto e stampo chiuso. Applicazioni industriali.

### **Proprietà elettriche e termiche dei materiali**

### **Bibliografia e materiale didattico**

William D. Callister, Scienza e Ingegneria dei materiali. Una introduzione. IV ed. EdiSES, Napoli

William F. Smith e Javad Hashemi, Scienza e Tecnologia dei Materiali, Va ed., Mc Graw-Hill Italia, Milano

### **Indicazioni per non frequentanti**

Studiare sui testi consigliati, utilizzare le slides caricate su e learning/Teams, contattare il docente per chiarimenti. Non sussistono variazioni di programma per i non frequentanti.

### **Modalità d'esame**

L'esame si articola in una prova scritta (5/6 problemi) da risolvere in aula (durata 3 ore), una volta superate la prova con punteggio uguale o superiore a 18 (di cui almeno 12 negli esercizi) si accede alla prova orale, che deve essere svolta nello stesso appello, salvo comprovati impedimenti, che consiste in un colloquio tra candidato e docente su tutto il programma svolto.

La prova orale non è superata se il candidato mostra di non essere in grado di esprimersi in modo chiaro, con terminologia corretta ed appropriata, ed il candidato mostra incapacità di mettere in relazione concetti teorici con la loro applicazione pratica.

Il mancato superamento della prova orale richiede di dovere sostenere di nuovo la prova scritta. Il voto finale sarà valutato : 50% prova scritta, 50% prova orale, arrotondato per eccesso.

### **Altri riferimenti web**

Pagina del corso su e learning e Teams

### **Note**

Il corso è interamente svolto nel primo periodo, le slides del corso, esempi di test scritti con soluzioni degli esami precedenti sono disponibili sulla piattaforma e learning del corso, accessibili con le credenziali di ateneo.

*Ultimo aggiornamento 04/10/2023 10:53*