

**Università di Pisa**  
**Corso di Scienza e Ingegneria dei Materiali - 9 crediti**  
**Corso di laurea in Ingegneria Chimica –Secondo Appello d’esame – 31-01-2023**

**Informazioni:** questo è un esame senza consultazione di libri, appunti o altro materiale relativo al programma del corso. I calcolatori **sono** permessi ad esclusione di quelli preprogrammati a risolvere esercizi. Non è assolutamente consentito l'uso di smartphone, tablet, computer ecc., né scambiare suggerimenti o opinioni con i propri colleghi. Per i calcoli e la brutta copia sono distribuiti dal docente appositi fogli da riconsegnare alla fine della prova: non utilizzare fogli di altra provenienza. Ai trasgressori sarà immediatamente **ritirato e annullato** il compito in qualunque momento della prova. Il tempo a disposizione per la prova è di 3 ore. È consentito uscire per andare in bagno solo a partire dalla seconda ora della prova.

Verrà valutato un punteggio parziale per risposte numericamente errate ma supportate da un ragionamento corretto. Il punteggio assegnato alle domande ed esercizi è riportato in cima al testo. Per l'ammissione occorre ottenere un punteggio pari o superiore a 18, così distribuito: almeno 12 punti nella parte numerica (esercizi) ed almeno 6 in quella teorica (quesiti a risposta aperta).

Allieva/o:

e-mail:

<i>PUNTEGGIO</i>	<i>UNO</i>	<i>DUE</i>	<i>TRE</i>	<i>QUATTRO</i>	<i>TOTALE</i>
<b>Esercizi</b>	<i>/6</i>	<i>/6</i>	<i>/4</i>	<i>/5</i>	<i>/21</i>
<b>Domande a Risposta Aperta</b>	<i>/3</i>	<i>/3</i>	<i>/3</i>	<i>/3</i>	<i>/12</i>
<b>Voto finale</b>					<i>/33</i>

**Esercizi:**

**Esercizio N°1**

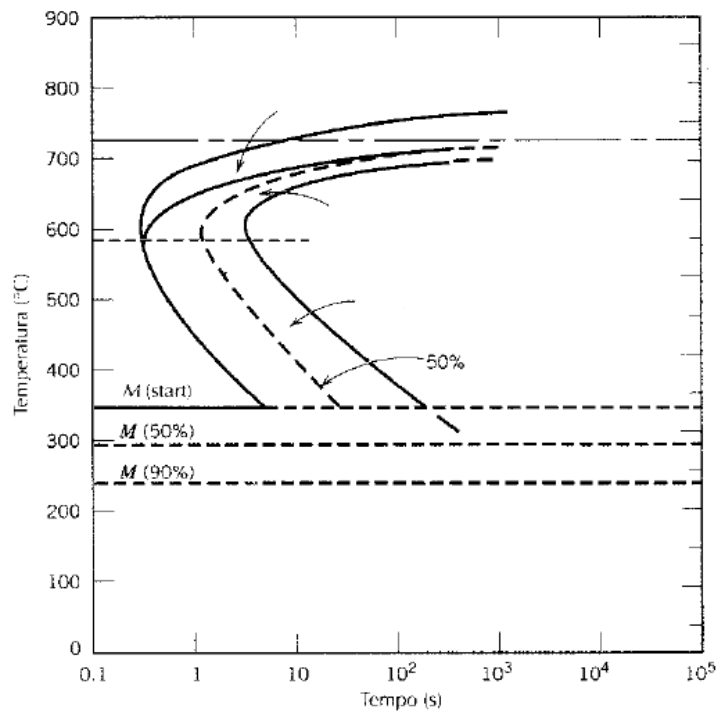
- 1) Calcolare, commentando il risultato ottenuto, la resistenza alla trazione longitudinale di un composito di matrice epossidica e fibra di vetro il cui diametro e la lunghezza medi della fibra sono rispettivamente 0.010mm e 1mm e la frazione volumetrica delle fibre è di 0.35. La resistenza all'interfaccia fibra-matrice è di 60 MPa, la resistenza alla frattura delle fibre è 4700 MPa e lo stress della matrice al momento della rottura della fibra è di 16 MPa.
- 2) Ipotizzando dei valori plausibili dei moduli elastici di fibra di vetro e matrice epossidica, valutare il modulo elastico di tale composito se  $K=0.33$ .
- 3) Come varierebbe il modulo elastico di tale composito al variare del valore di  $K$ ? Commentare i risultati

**Esercizio N°2**

Utilizzando il diagramma di trasformazione isoterma per una lega di acciaio allo 0,45% in peso di C, determinare la microstruttura finale (in termini di soli di un campione sottoposto ai seguenti trattamenti tempo-temperatura. In ogni caso, si supponga che il provino inizi a raffreddarsi da 845°C e che sia stato mantenuto a questa temperatura per un tempo sufficiente a raggiungere una struttura austenitica completa e omogenea.

- a) Raffreddamento rapido a 250°C, mantenimento per 100 s, quindi tempra a temperatura ambiente.
- b) Raffreddare rapidamente a 700°C, mantenere per 30 s, quindi raffreddamento a temperatura ambiente.
- c) Raffreddare rapidamente a 400°C, mantenere per 500 s e poi raffreddare a temperatura ambiente.
- d) Raffreddare rapidamente a 700°C, mantenere a tale temperatura per  $10^5$  s e poi raffreddare a temperatura ambiente.
- e) Raffreddare rapidamente a 650°C, mantenere a temperatura ambiente per 3 secondi, raffreddare rapidamente a 400°C, mantenere per 10 secondi e poi raffreddare rapidamente a temperatura ambiente
- f) Raffreddare rapidamente a 450°C, mantenere per 10 secondi e poi raffreddare a temperatura ambiente.

g) Raffreddare rapidamente a 625°C, mantenere per 1 secondo e poi raffreddare a temperatura ambiente istantaneamente.



### Esercizio N°3

Calcolare i valori dei coefficienti di diffusione per la diffusione del carbonio sia nel ferro  $\alpha$  (BCC) che nel ferro  $\gamma$  (FCC) a 900°C. Quale dei due è più grande? Spiegate perché è così.

Specie che diffonde	Metallo ospite	$D_0$ (m <sup>2</sup> /s)	Energia di attivazione $Q_d$		Valori Calcolati	
			kJ/mole	eV/atomo	T (°C)	D (m <sup>2</sup> /s)
Fe	Fe- $\alpha$ ccc	$2.8 \times 10^{-4}$	251	2.60	500	$3.0 \times 10^{-21}$
					900	$1.8 \times 10^{-15}$
Fe	Fe- $\gamma$ cfc	$5.0 \times 10^{-5}$	284	2.94	900	$1.1 \times 10^{-17}$
					1100	$7.8 \times 10^{-16}$
C	Fe- $\alpha$	$6.2 \times 10^{-7}$	80	0.83	500	$2.4 \times 10^{-12}$
					900	$1.7 \times 10^{-10}$
C	Fe- $\gamma$	$2.3 \times 10^{-5}$	148	1.53	900	$5.9 \times 10^{-12}$
					1100	$5.3 \times 10^{-11}$
Cu	Cu	$7.8 \times 10^{-5}$	211	2.19	500	$4.2 \times 10^{-19}$
Zn	Cu	$2.4 \times 10^{-5}$	189	1.96	500	$4.0 \times 10^{-18}$
Al	Al	$2.3 \times 10^{-4}$	144	1.49	500	$4.2 \times 10^{-14}$
Cu	Al	$6.5 \times 10^{-5}$	136	1.41	500	$4.1 \times 10^{-14}$
Mg	Al	$1.2 \times 10^{-4}$	131	1.35	500	$1.9 \times 10^{-13}$
Cu	Ni	$2.7 \times 10^{-5}$	256	2.65	500	$1.3 \times 10^{-22}$

### Esercizio N°4

Un provino cilindrico di un ipotetico materiale ceramico viene sollecitato a compressione. Se i diametri originali e finali sono rispettivamente 20.000 e 20.025 mm e la lunghezza finale è di 74,96 mm

a) calcolare la lunghezza originale se la deformazione è totalmente elastica. I moduli elastico e di taglio di questo ipotetico ceramico sono rispettivamente 105 GPa e 39.7 GPa.

- b) Se invece tale provino fosse testato a flessione a tre punti a sezione circolare con distanza tra i supporti pari a 64 mm, calcolare il carico massimo che riesce a sopportare sapendo che lo sforzo a rottura è di 247MPa.
- c) Che differenza c'è tra una prova a flessione a tre punti ed una a quattro punti?

### **Domande a risposta aperta:**

#### **Domanda N°1**

Per ciascuna delle seguenti categorie si disegni e si commenti l'andamento dei grafici sforzo deformazione:

- a) Un polimero testato sopra la sua transizione vetrosa ed uno testato a  $T < T_g$
- b) Un elastomero e un polimero duttile
- c) Lo stesso polimero testato a 1 mm/min, 10 mm/min, 100mm/min

#### **Domanda N°2**

Spiegare come avviene la deformazione plastica nei materiali metallici

#### **Domanda N°3**

Perché è importante il parametro di Larson-Miller? In che contesto viene utilizzato? Cosa rappresenta?

#### **Domanda N°4**

Descrivi cosa è il processo di calcinazione

