PROCESSO DE SELEÇÃO PARA O PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
FÍSICA E QUÍMICA DE MATERIAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

1º SEMESTRE DE 2023

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FÍSICA E QUÍMICA DE MATERIAIS

NÍVEL: DOUTORADO

SEGUNDA ETAPA: PROVA ESCRITA DE CONTEÚDO ESPECÍFICO - Materiais

NÚMERO DE INSCRIÇÃO: _____

Instruções:

O candidato será identificado pelo seu número de inscrição, preenchendo o campo acima.

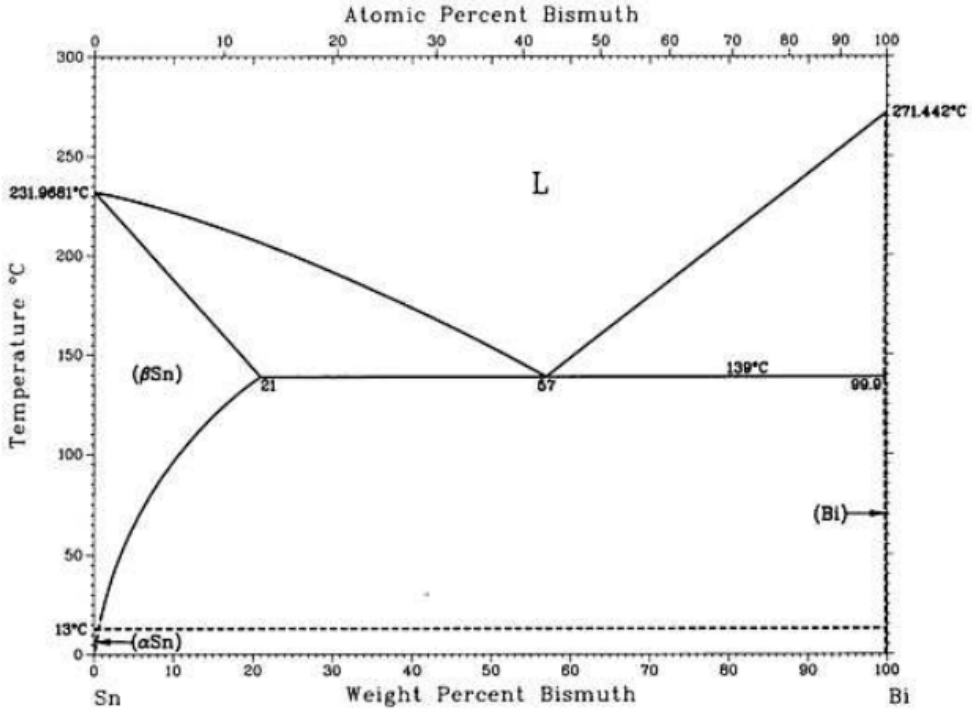
Nesta prova são apresentadas cinco (5) questões da área de materiais. O candidato deverá fazer todas as questões.

A prova é individual e sem consulta, com duração de três (03) horas.

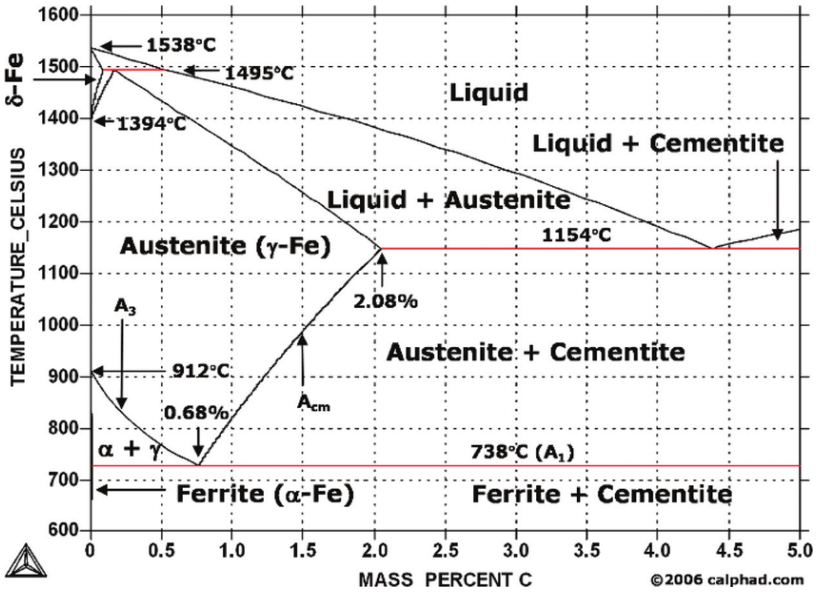
Durante a realização da prova escrita é permitido o uso de calculadora, bem como consulta à tabela periódica fornecida.

Questão 1:

a.) No diagrama de fase do sistema Sn - Bi, sob pressão atmosférico constante igual a 1atm, indique os lugares onde o grau de liberdade é zero.

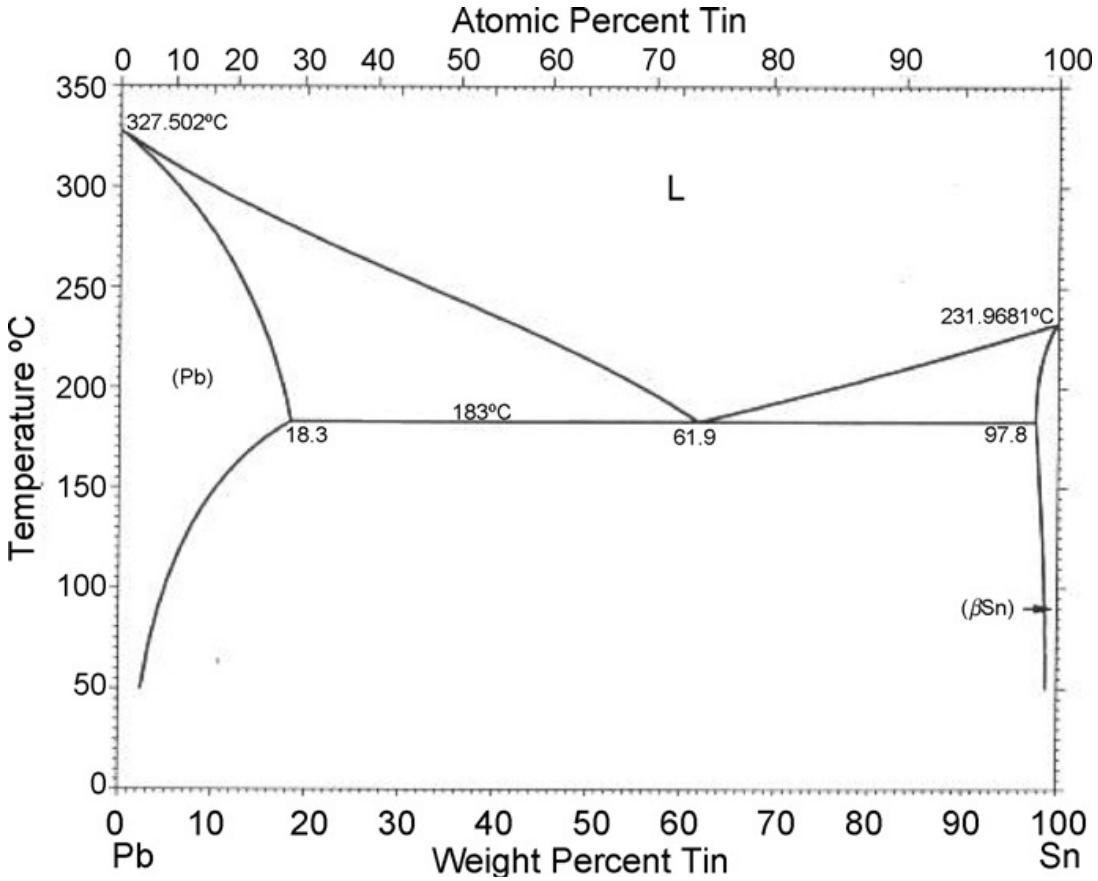


b.) Uma fase importante encontrado em aços temperados é martensita. Por que essa fase não é mostrada no sistema Fe - C?



Questão 2:

A microestrutura de uma liga Pb - Sn a 182ºC consiste nas estruturas β-Sn primária e eutética. Se as frações mássicas desses dois microconstituintes são de 0,57 e 0,43, respectivamente, determine a composição da liga.

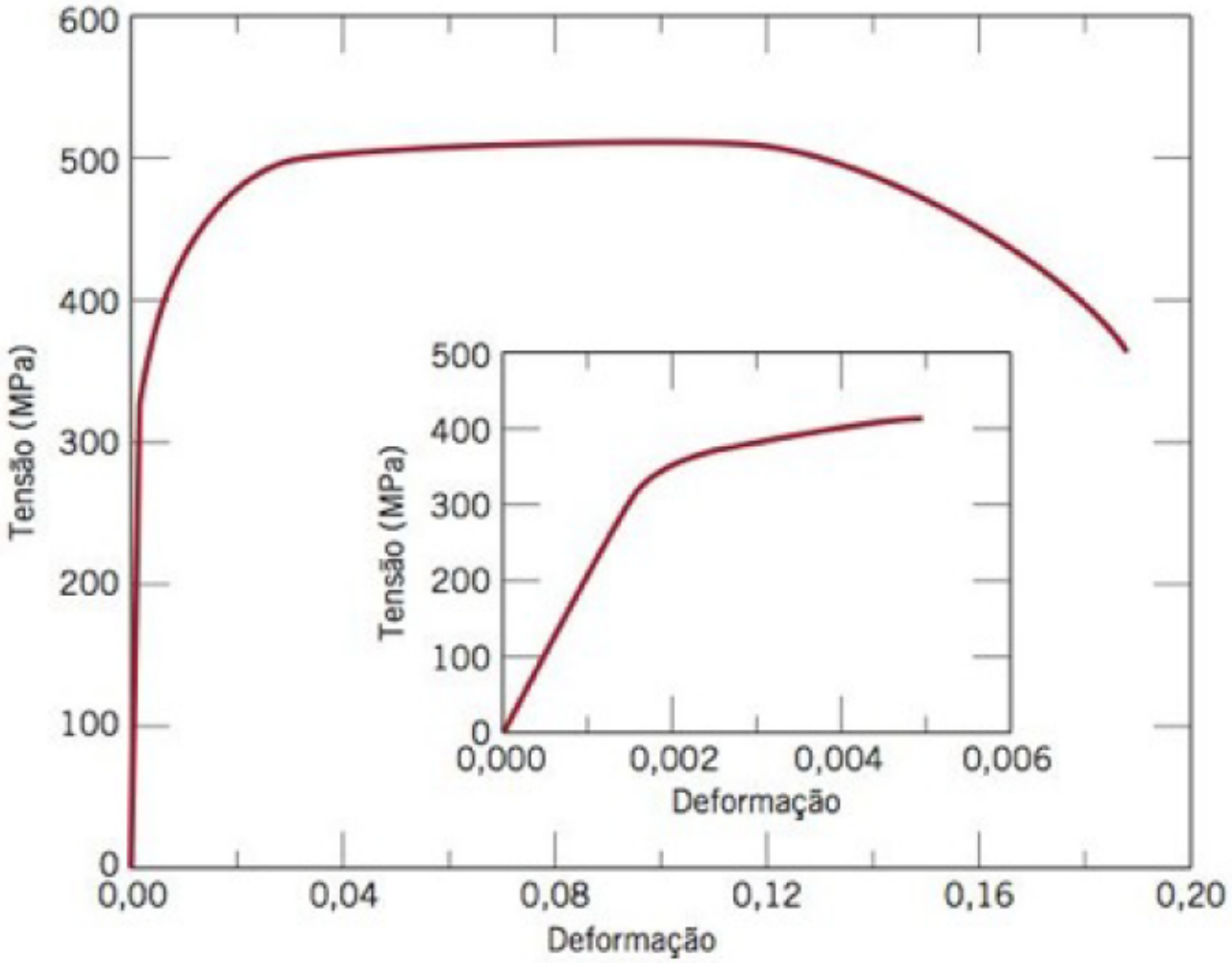


Questão 3:

Calcule a energia de ativação para a formação de lacunas no alumínio, sabendo que o número de lacunas em equilíbrio a 500ºC é de 7,57 x 10^{23} m^{-3} e que a quantidade de lacunas depende exponentialmente da temperatura. O peso atômico MA e a massa específica (a 500ºC) para o alumínio são, respectivamente, 26,98 g/mol e 2,62 g/cm^3. A constante de Boltzmann é 8.62×10^{-5} eV/at.K e o número de Avogadro NA é 6.022×10^{23} at./mol.

Questão 4:

Considere um corpo de provas cilíndrico feito em aço com 10,0 mm de diâmetro e 75 mm de comprimento, puxado em tração. Determine seu alongamento quando uma carga de 20000 N é aplicada. O diagrama tensão – deformação do referido aço é mostrado a seguir.



Questão 5:

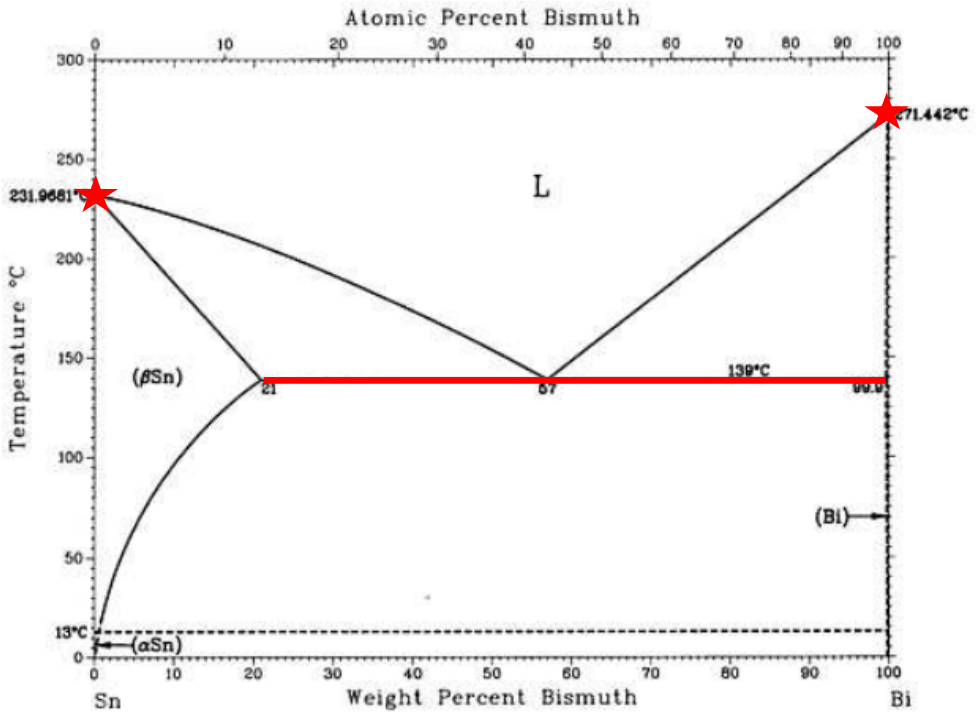
Vidro é um material muito frágil. Entretanto, fios de vidro podem ser enrolados em bobinas. Determine o diâmetro mínimo de uma bobina que pode ser usado para enrolar fibras de vidro do tipo E com diâmetro de 500μm. Vidro do tipo E tem uma resistência a tração de 3,45 GPa e um módulo de elasticidade de 72,5 GPa.

Solução:

1.a.) Aplicando a regra de Gibbs e considerando p=1atm=constante temos:

$$P+F=C+1.$$

Portanto, as condições para F=0 estão mostradas a seguir:



Lugares onde o grau de liberdade F é igual à zero:

1. Nos pontos de fusão de Sn e Bi (P=2, C=1) e **5 P**
2. Na linha eutética do sistema (P=3, C=2). **5 P**

1.b.) Martensita é uma fase meta-estável e é criado em condições fora do equilíbrio termodinâmico. Como no diagrama de fase Fe – C as fases mostradas representem as fases estáveis em condições de equilíbrio termodinâmico, martensita não é mostrado nesse diagrama.

10 P

2.) Considerando a situação a 182°C:

Considerando ainda as composições de

(β-Sn): 97,8 % Sn

Ponto eutético: 61,9 % Sn

Aplicando a regra de alavanca para a quantidade de (β-Sn) primário temos:

$$w_{(\beta-\mathrm{Sn})} = \frac{C_0 - 61{,}9}{97{,}8 - 61{,}9} = 0{,}57$$

Resolvendo para C_0: $C_0 = 0{,}57\ (97{,}8 - 61{,}9) + 61{,}9 = 82{,}36$

Alternativamente, usando a quantidade de eutético formado temos:

$$w_E = \frac{97{,}8 - C_0}{97{,}8 - 61{,}9} = 0{,}43$$

Resolvendo para C_0: $C_0 = -0{,}43\ (97{,}8 - 61{,}9) - 97{,}8 = 82{,}36$

Portanto a liga contem 82,36 % de Sn e 17,64% de Pb.

20 P

3.) O número de lacunas N_v em uma determinada temperatura é dado por:

$$N_v = N \exp(-\frac{Q_v}{kT})$$

Resolvendo para Q_v temos: $\ln N_v = \ln N - \frac{Q_v}{kT}$

e $Q_v = -kT \ln(\frac{N_v}{N})$

Com N_v número de lacunas, N número de sítios atômicos na rede cristalina, Q_v energia de ativação de formação de lacunas, k a constante de Boltzmann ($8{,}62 \times 10^{-5}$ eV/atomK) e T a temperatura absoluta em Kelvin.

Primeiro temos de determinar o número de sítios N da rede cristalina:

$$N = \frac{NA \cdot \rho_{Al}}{MA_{Al}} = \frac{6{,}022 \cdot \frac{10^{23} atômos}{mol} \cdot \frac{2{,}62 g}{cm^3}}{26{,}98 \frac{g}{mol}} =$$

$$= 5{,}85 \cdot \frac{10^{22} atômos}{cm^3} = 5{,}85 \cdot 10^{28}\ atômos/m^3$$

10 P

Temos, portanto:

$$Q_v = -kT \ln\left(\frac{N_v}{N}\right) =$$

$$= -8{,}62 \cdot 10^{-5}\ \frac{eV}{atômo\ K} \cdot (500^o C + 273\ K) \cdot ln\left(\frac{7{,}57 \text{ x } 10^{23}\ \text{m}^{-3}}{5{,}85 \cdot 10^{28}\ m^{-3}}\right) =$$

$$= 0{,}75\ eV/atômo$$

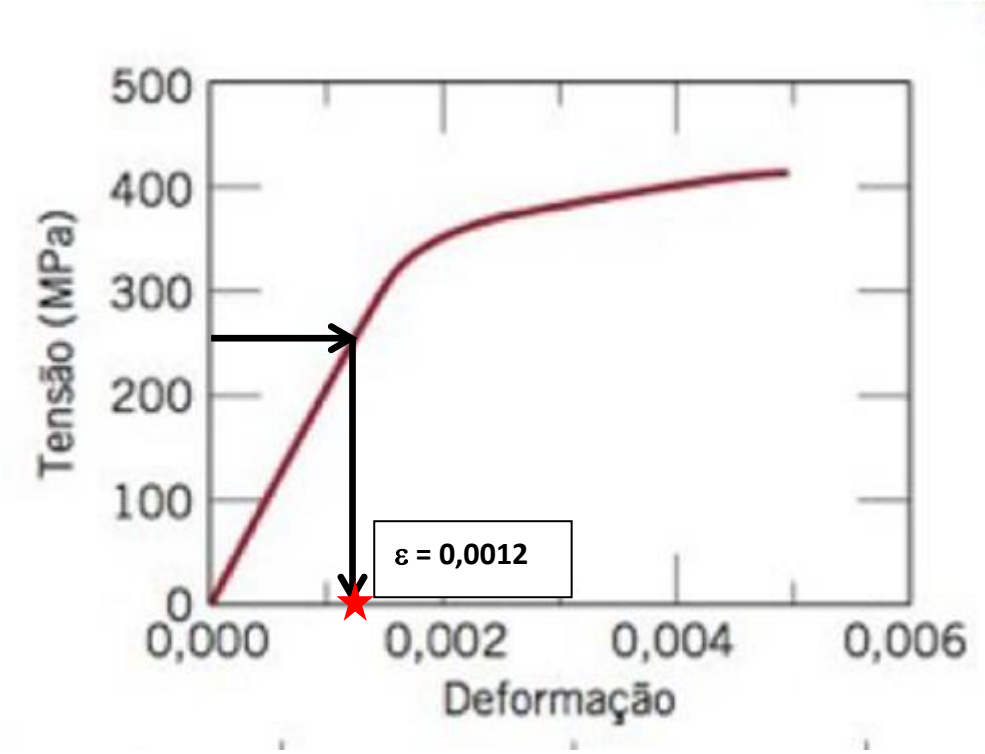
10 P

4.) Em primeiro lugar temos de calcular a tensão quando uma carga de 20000N é aplicada:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{F}{\pi\left(\frac{d_0}{2}\right)^2} = \frac{20000\ N}{\pi(\frac{10 \cdot 10^{-3} m}{2})^2} = 255 MPa$$

10 P

Sob essa tensão de 255 MPa o corpo de provas está deformado elasticamente, veja o diagrama tensão – deformação e a deformação correspondente é de 0,0012.



Com isso, podemos calcular o alongamento Δl:

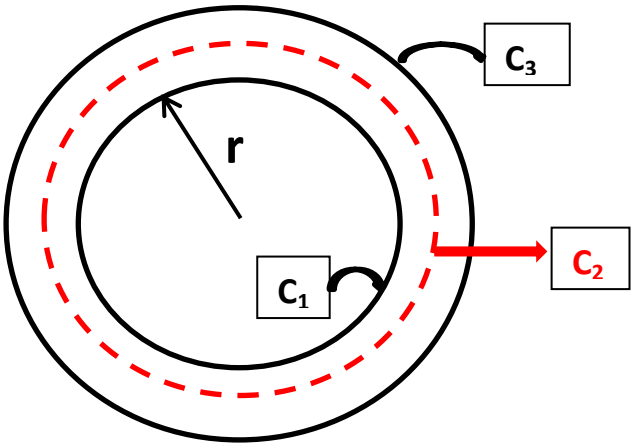
$$\Delta l = \epsilon \cdot l_0 = 0{,}0012 \cdot 75\ mm = 0{,}090\ mm$$

10 P

5.) Primeiro podemos calcular a deformação máxima da fibra de vidro usando sua resistência e o módulo de elasticidade:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{3{,}45\ GPa}{72{,}5\ GPa} = 4{,}76 \cdot 10^{-2}$$

Consideramos agora um fio enrolado numa bobina:



Onde: C_1 é a circunferência da bobina, C_2 a circunferência da linha neutra da fibra (que não sofre deformação) e C_3 a circunferência externa da fibra. Portanto, a fibra no raio externo sofre uma deformação, que não pode ultrapassar a deformação máxima sustentada pela fibra.

Considerando:

$C_1 = 2\pi\ r$

$C_2 = 2\pi\ (r+250\mu m)$

$C_3 = 2\pi\ (r+500\mu m)$

Obtemos para a deformação no raio externo da fibra enrolada na bobina:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{C_3 - C_2}{C_2} = \frac{2\pi\cdot(r+500\mu m) - 2\pi\cdot(r+250\mu m)}{2\pi\cdot(r+250\mu m)} = \frac{2\pi\cdot 250\mu m}{2\pi(r+250\mu m)}$$

Essa deformação não pode passar a deformação máxima da fibra, portanto obtemos:

$$\frac{2\pi\cdot 250\mu m}{2\pi(r+250\mu m)} = 4{,}76\cdot 10^{-2}$$

$$2\pi r = \frac{2\pi\cdot 250\ \mu m}{4{,}76\cdot 10^{-2}} - 2\pi\cdot 250\mu m = 31443\ \mu m$$

$$r = \frac{31443\ \mu m}{2\pi} = 5004\ \mu m \sim 5mm$$

Portanto, o diâmetro mínimo da bobina é de 2r = 10mm = 1cm. **20 P**

Total: 100 Pontos