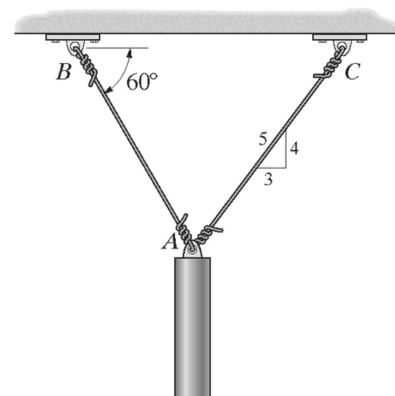


Nota) Os passos adotados precisam ser justificados ou por breves comentários ou por sequência lógica durante as resoluções. Passos que aparentarem pura memorização serão desconsiderados.

Questão 1) [3,3] Os cabos AB e AC sustentam a massa de 200 kg. Se a tensão axial admissível para os cabos for $\sigma_{adm} = 130 \text{ Mpa}$, determine o diâmetro exigido para cada cabo. Além disso, qual é o novo comprimento do cabo AB após a aplicação da carga? Considere que o comprimento não alongado de AB seja 750 mm. $E_{aco} = 200 \text{ Gpa}$.



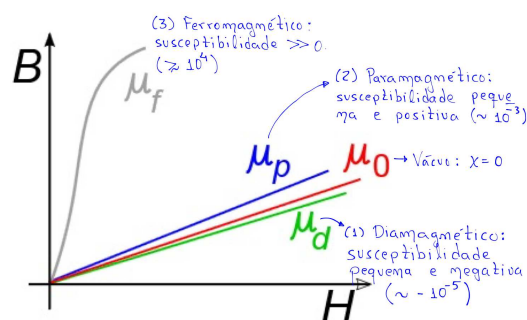
Questão 2) [3,4] Determine o tempo de carbonetação necessário para atingir uma concentração de carbono de 0,45%p em uma posição 3 mm em direção ao interior de uma liga de ferro-carbono contendo inicialmente 0,20%pC. A concentração na superfície deve ser mantida em 1,30%pC, e o tratamento deve ser conduzido a uma temperatura de 1000 °C. Utilize os dados de difusão para o Fe- γ apresentados na Tabela abaixo.

Tabela 5.2 Uma Tabulação de Dados de Difusão

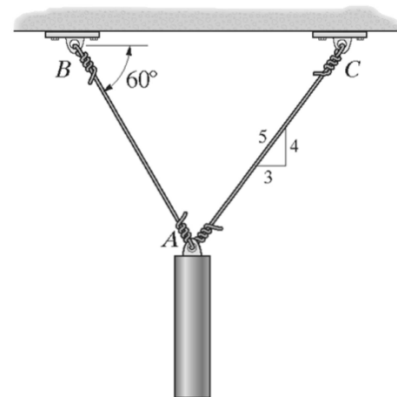
Espécie Difusível	Metal Hospedeiro	$D_0 (\text{m}^2/\text{s})$	Energia de Ativação Q_d		Valores Calculados	
			kJ/mol	eV/átomo	$T(^{\circ}\text{C})$	$D(\text{m}^2/\text{s})$
Fe	Fe α (CCC)	$2,8 \times 10^{-4}$	251	2,60	500	$3,0 \times 10^{-21}$
					900	$1,8 \times 10^{-15}$
Fe	Fe γ (CFC)	$5,0 \times 10^{-5}$	284	2,94	900	$1,1 \times 10^{-17}$
					1100	$7,8 \times 10^{-16}$
C	Fe α	$6,2 \times 10^{-7}$	80	0,83	500	$2,4 \times 10^{-12}$
					900	$1,7 \times 10^{-10}$
C	Fe γ	$2,3 \times 10^{-5}$	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	$1,3 \times 10^{-22}$

Fonte: E. A. Brandes e G. B. Brook (Editores), *Smithells Metals Reference Book*, 7th edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1992.

Questão 3) [3,3] A densidade de fluxo magnético no interior de uma barra de um dado material é de 0,435 tesla para um campo H de $3,44 \times 10^5 \text{ A/m}$. Calcule o seguinte para esse material: (a) a permeabilidade magnética, e (b) a susceptibilidade magnética. (c) Utilizando o gráfico ilustrativo ao lado, qual(is) tipo(s) de magnetismo você sugeriria estar(em) sendo exibido(s) por esse material? Por quê?



Questão 1) [3,3] Os cabos AB e AC sustentam a massa de 200 kg. Se a tensão axial admissível para os cabos for $\sigma_{adm} = 130 \text{ MPa}$, determine o diâmetro exigido para cada cabo. Além disso, qual é o novo comprimento do cabo AB após a aplicação da carga? Considere que o comprimento não alongado de AB seja 750 mm. $E_{aco} = 200 \text{ GPa}$.



1ª) Entender o problema:

Os cabos são feitos de aço e, segundo o enunciado, este aço resiste a uma tensão máxima de $\sigma_{máx} = 130 \times 10^6 \text{ N/m}^2$.

Lembre que tensão é força longitudinal dividida pela área transversal. No caso $A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$

$\sigma = \frac{F}{A}$. A força F é um valor fixado pelo pro-

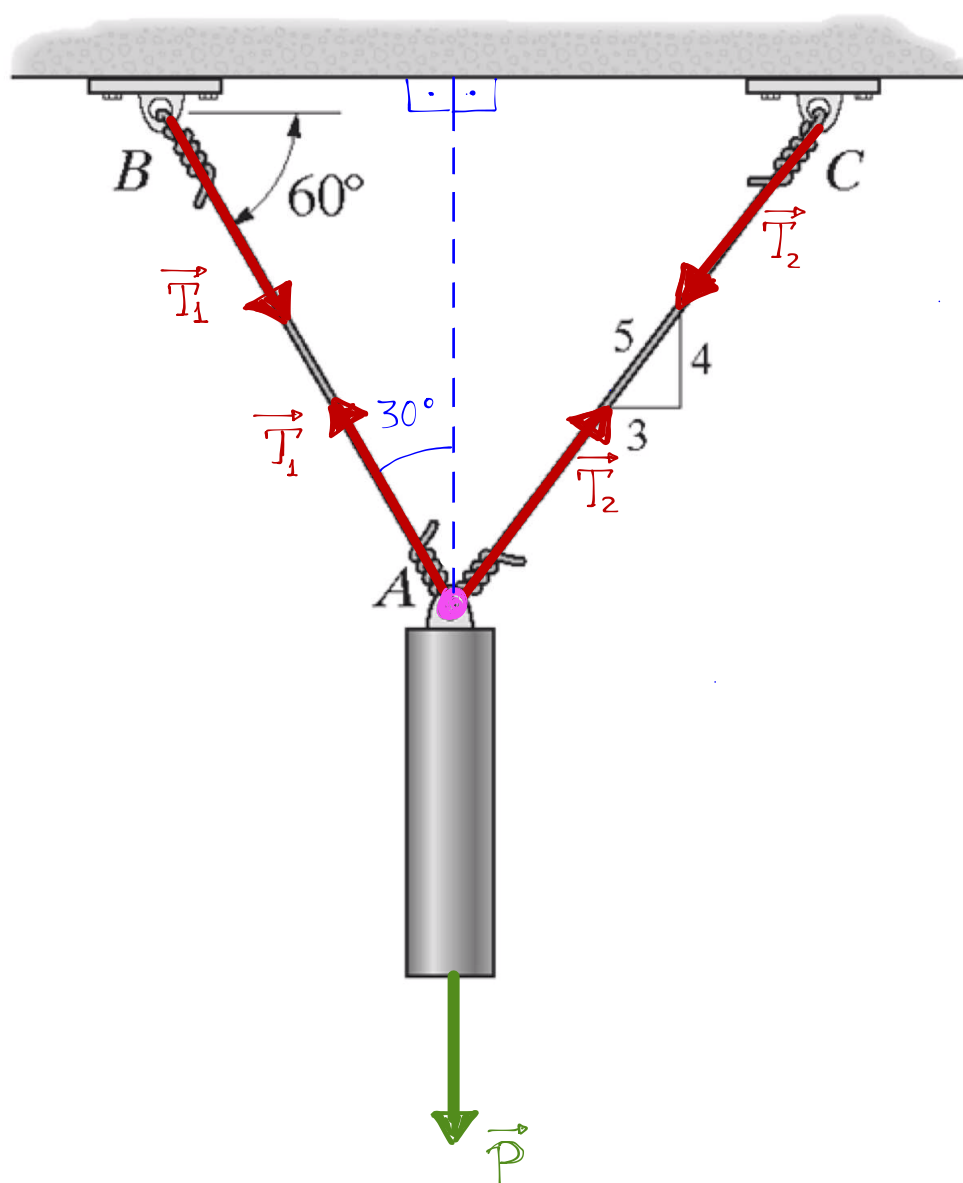
blema. Portanto, a tensão σ será definida pela área A . Quanto menor $A \Rightarrow$ maior será a tensão σ . "Obviamente deve haver uma área mínima (diâmetro mínimo) abaixo do qual o cabo rompe."

Apesar de F ser fixo pelo peso pendurado, cada cabo estará sentindo uma tração diferente, afinal não estão simetricamente dispostos. Sendo assim, poderão ter diâmetros mínimos diferentes.

O que temos a fazer é descobrir as tensões (Forças co-lineares) em cada cabo, para então verificar seus diâmetros mínimos para resistirem às suas respectivas cargas.



Obtendo as trações nos cabos.



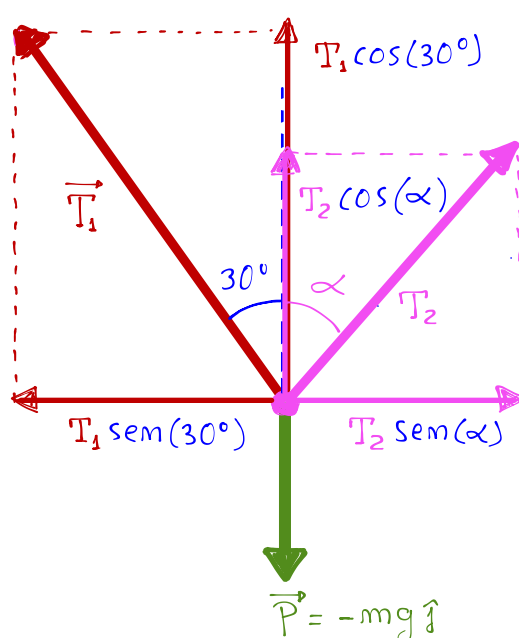
Esquematisando:

$\Rightarrow$ Se está em equilíbrio $\Downarrow$

$$\sum \vec{F} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_x = 0$$



$$\sum F_y = 0 \Rightarrow$$

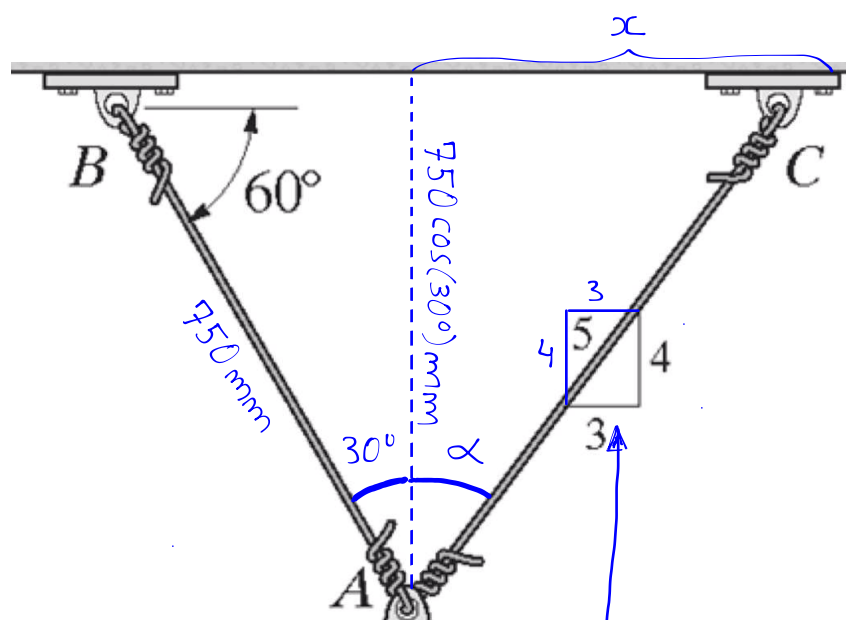
$$\sum F_x = 0 \Rightarrow$$

$$T_1 \cos(30^\circ) + T_2 \cos(\alpha) - mg = 0$$

$$T_1 \sin(30^\circ) - T_2 \sin(\alpha) = 0$$

Note que são duas equações com três incógnitas. Precisamos obter o valor do ângulo α .

Obtendo α :



Utilizando o triângulo auxiliar*, que é semelhante ao triângulo direito:

$$\frac{750 \cos(30^\circ)}{x} = \frac{4}{3}$$

$$x = \frac{3 \times 750 \cos(30^\circ)}{4} \simeq 487 \text{ mm}$$

Portanto, $\tan(\alpha) = \frac{487}{750 \cdot \cos(30^\circ)}$

$$\alpha = \tan^{-1}(0,75) \simeq 36,87^\circ$$

Voltando nas equações:

$$\begin{cases} T_1 \cos(30^\circ) + T_2 \cos(36,87^\circ) - mg = 0 & (1) \\ T_1 \sin(30^\circ) - T_2 \sin(36,87^\circ) = 0 & (2) \end{cases}$$

$$\text{De (2)} \quad T_2 = T_1 \frac{\sin(30^\circ)}{\sin(36,87^\circ)} \quad (3)$$

(3) em (1)

$$\Rightarrow T_1 \cos(30^\circ) + T_1 \frac{\sin(30^\circ)}{\sin(36,87^\circ)} \cos(36,87^\circ) = mg$$

$$T_1 \left(\cos(30^\circ) + \frac{\sin(30^\circ)}{\sin(36,87^\circ)} \cos(36,87^\circ) \right) = 200 \times 10$$

$$T_1 = \frac{2000}{1,5327} \text{ N}$$

Obs: Com $g = 10 \text{ m/s}^2$

$$T_1 = 1304,9 \text{ N} \quad \text{em (3)}$$

$$T_2 = 1304,9 \times \frac{\sin(30^\circ)}{\sin(36,87^\circ)} = 1087,4 \text{ N}$$

$$T_1 = 1304,9 \text{ N}$$

$$T_2 = 1087,4 \text{ N}$$

→ Estas são as forças nos cabos.

$$\text{(cabo 1)} \quad \sigma_{\text{máx}} = \frac{T_1}{A_{\text{mínima}_1}}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 130 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$A_{\text{mínima}_1} = \frac{1304,9}{130 \times 10^6} \frac{\text{N}}{\text{N/m}^2}$$

$$\pi \left(\frac{d_{\text{mín}}}{2} \right)^2 = 10,038 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$d_{\text{mínimo}_1} = \sqrt{\frac{4 \times 10,038}{\pi}} \times 10^{-3} \text{ m} = 3,57 \text{ mm}$$

$$d_{\text{mínimo}_1} \approx 3,57 \text{ mm}$$

(abo 2)

$$A_{\text{mínima}} = \frac{1087,4}{130 \times 10^6} \frac{N}{N/m^2} \simeq 8,36 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\pi \left(\frac{d_{\text{mim}}}{2} \right)^2 = 8,36 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$d_{\text{mínimo}_2} = \sqrt{\frac{4 \times 8,36}{\pi}} \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$d_{\text{mínimo}_2} = 3,26 \text{ mm}$$

Novo comprimento:

Se o diâmetro usado for o mínimo $d_0 \simeq 3,57 \text{ mm}$, então $\sigma = 130 \text{ MPa}$

$$\sigma = E \varepsilon \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = \frac{130 \times 10^6}{200 \times 10^9} = 0,65 \times 10^{-3} = 6,5 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \quad \text{sendo } l_0 = 750 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow l = \varepsilon l_0 + l_0$$

$$l = 750 (1 + 0,00065) \text{ mm}$$

$$l = 750,488 \text{ mm}$$

Questão 2) [3,4] Determine o tempo de carbonetação necessário para atingir uma concentração de carbono de 0,45%p em uma posição 3 mm em direção ao interior de uma liga de ferro-carbono contendo inicialmente 0,20%pC. A concentração na superfície deve ser mantida em 1,30%pC, e o tratamento deve ser conduzido a uma temperatura de 1000 °C. Utilize os dados de difusão para o Fe- γ apresentados na Tabela abaixo.

Tempo envolvido $\Rightarrow$ Não estacionário.

A equação de difusão que envolve o tempo é

$$\frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

foram dados: $C_x = 0,45\% \text{pC}$ em $x = 3\text{mm}$

$$C_0 = 0,20\% \text{pC}$$

$$C_s = 1,30\% \text{pC}$$

$$T = 1273 \text{K}$$

$\Rightarrow$ Difusão de Carbono em Fe- γ .

$$\frac{0,45 - 0,20}{1,30 - 0,20} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{0,003}{2\sqrt{D \cdot t}}\right)$$

$$\operatorname{erf}\left(\frac{0,003}{2\sqrt{D \cdot t}}\right) = 0,7727$$

Da tabela dada no quadro:

z	$\operatorname{erf}(z)$
0,75	0,7112
0,80	0,7421
0,85	0,7707
0,90	0,7970
0,95	0,8209
1,00	0,8427
1,10	0,8802
1,20	0,9103
1,30	0,9340
1,40	0,9523

0,85	0,7707
z	0,7727
0,90	0,7970

$$\frac{z - 0,85}{0,90 - 0,85} = \frac{0,7727 - 0,7707}{0,7970 - 0,7707}$$

$$z \approx 0,854$$

Portanto.

$$\frac{0,003}{2\sqrt{Dt}} = 0,854$$

$$t = \frac{1}{D} \times \left(\frac{0,003}{2 \times 0,854} \right)^2$$

Precisamos de D .

$$\Rightarrow D = D_0 e^{-\frac{Q_d}{RT}}$$

Da tabela 5.2 dada: $D_0 = 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
 $Q_d = 148000 \text{ J/mol}$

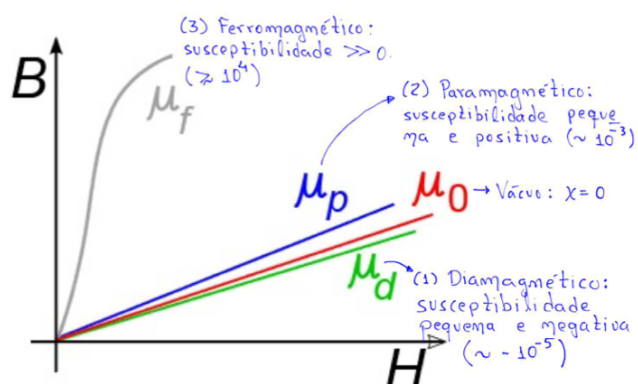
$$D = 2,3 \times 10^{-5} e^{-\frac{148000}{8,31 \times 1273}}$$

$$D = 1,93 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$t = \frac{1}{1,93} \left(\frac{0,003}{2 \times 0,854} \right)^2 \times 10^{11} \text{ seg.}$$

$$t \approx 159849 \text{ seg} \quad \text{ou} \quad t \approx 44,4 \text{ hs}$$

Questão 3) [3,3] A densidade de fluxo magnético no interior de uma barra de um dado material é de 0,435 tesla para um campo H de $3,44 \times 10^5 \text{ A/m}$. Calcule o seguinte para esse material: (a) a permeabilidade magnética, e (b) a susceptibilidade magnética. (c) Utilizando o gráfico ilustrativo ao lado, qual(is) o(s) tipo(s) de magnetismo você sugeriria estar(em) sendo exibido(s) por esse material? Por quê?



Dados: $B = 0,435 \text{ T}$
 $H = 3,44 \times 10^5 \text{ A/m}$

$$\mu = ?$$

$$\chi = ?$$

tipo de magnetismo envolvido(s) = ?

Como os vetores $\vec{B}$, $\vec{H}$ e $\vec{M}$ são colineares, podemos tratar em módulos.

$$B = \mu_0 (H + M)$$

$$\text{Como } M = \chi H$$

$$B = \underbrace{\mu_0 (1 + \chi)}_{\mu} H$$

$$B = \mu H$$

$$\text{Portanto } \Rightarrow \mu = \frac{B}{H} = \frac{0,435}{3,44 \times 10^5} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}$$

$$(a) \quad \mu = 0,1265 \times 10^{-5} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}$$

$$(b) \quad \mu = \mu_0 (1 + \chi)$$

$$\chi = \frac{\mu}{\mu_0} - 1$$

$$\mu_0 = 1,257 \times 10^{-6} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}$$

$$\chi = \frac{0,1265 \times 10^{-5}}{1,257 \times 10^{-6}} - 1$$

$$\chi \approx 6,36 \times 10^{-3}$$

(c) A susceptibilidade é positiva e pequena sugerindo uma característica de material paramagnético.

Contudo, como todos os materiais são diamagnéticos, devemos considerar que esta característica esteja presente com possibilidade de ter afetado (diminuído levemente) o paramagnetismo observado.