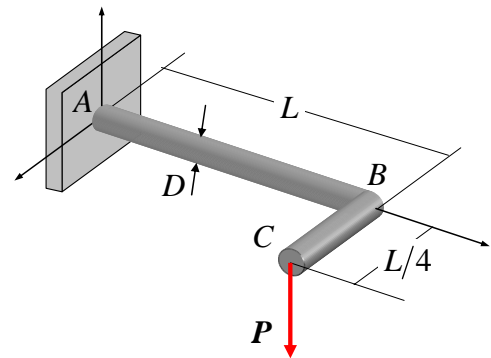
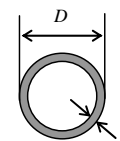
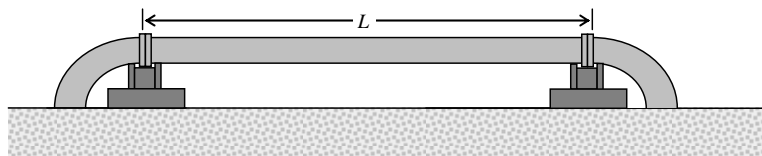


Problema 1. Considere a barra em L mostrada na figura ao lado. Os módulos de elasticidade e de cisalhamento da barra são respectivamente E e G . Determine o deslocamento vertical do ponto de aplicação da carga P . (2,5 pontos).

P (kN)	L (mm)	D (mm)	E (GPa)	G (Gpa)
3,7	100	25	200	77

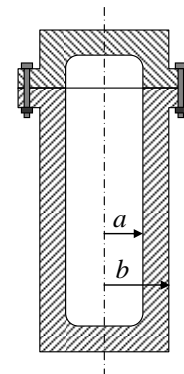


Problema 2. Um trecho aéreo de uma tubulação que conduz vapor superaquecido é mostrado na figura abaixo. O tubo, com 33,4 mm de diâmetro externo e 2,1 mm de espessura, é montado a 25° C mas sua temperatura de operação pode atingir um valor máximo de 165° C. Determine o vão máximo do trecho aéreo, L_{\max} , levando em conta a possibilidade de flambagem do tubo. Considere que o trecho de tubo esteja engastado em suas extremidades. O módulo de elasticidade do tubo, E , é 200 GPa e seu coeficiente de dilatação térmica, α , é $12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Despreze o peso do tubo e do fluido transportado. (2,5 pontos).

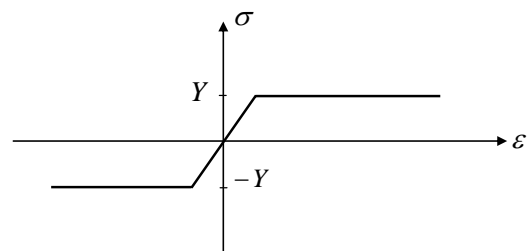
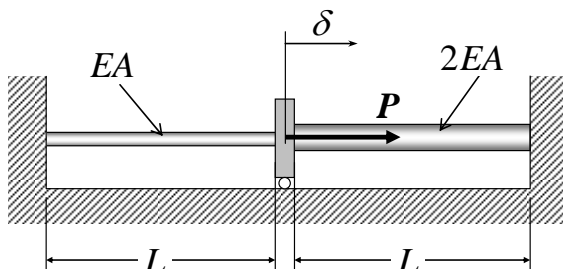


$$\varepsilon_{xx} = \frac{\sigma_{xx}}{E} + \alpha \Delta T$$

Problema 3. O vaso de pressão cilíndrico esquematicamente mostrado na figura ao lado foi dimensionado para operar a uma pressão interna máxima de 5.000 psi (34,5 MPa). Seu raio externo, b , mede 90,5 mm e seu raio interno, a , mede 41,3 mm. Calcule as tensões normais radial, circunferencial e axial máximas quando o vaso está sob a pressão máxima de operação. Considerando os critérios de escoamento de von Mises e Tresca, determine os respectivos fatores de segurança de operação. Lembre que as tensões circunferenciais e radiais máximas ocorrem na parede interna do cilindro (2,5 pontos).

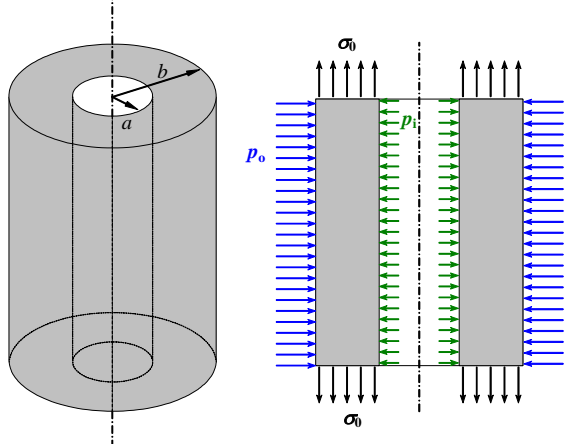


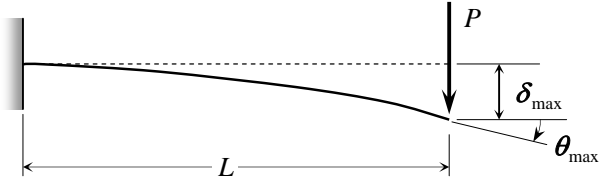
Problema 4. Considere o conjunto formado por duas barras mostrado na figura abaixo. As barras de comprimentos idênticos são fabricadas do mesmo material, que pode ser considerado elástico/perfeitamente-plástico (ver o diagrama tensão vs. deformação esquematicamente apresentado). A área da seção transversal da barra da direita é o dobro da outra. O conjunto é submetido a um ciclo de carregamento e descarregamento de tal forma que o deslocamento máximo atingido chegue a um valor $\delta_{\max} = 3YL/E$. Determine o deslocamento residual do conjunto, δ_R , após a remoção da carga P . Verifique também se o conjunto permanece com alguma tensão residual quando o carregamento é removido. (2,5 pontos).



Estado Plano de Tensões $\sigma_m = \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy}}{2}$ $R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}{2}\right)^2 + \sigma_{xy}^2}$ $\sigma_I = \sigma_m + R$ $\sigma_{II} = \sigma_m - R$	Tensão Cisalhante Máxima $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ $\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ Tensão de von Mises $\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{1}{2}((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2)}$
Critérios de Escoamento	
Tresca: $\tau_{\max} < S_Y/2$	Von Mises: $\sigma_{VM} < S_Y$

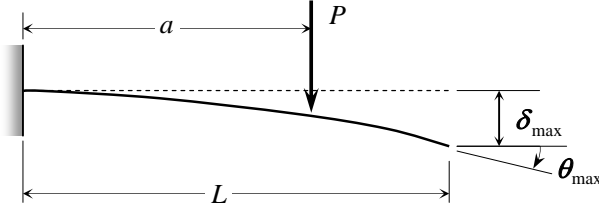
Torção de Barras Circulares $\sigma_{xr}(x, r) = r \frac{T(x)}{J}$ $\Delta\phi = \frac{TL}{GJ}$ Momento Polar de Inércia de uma Barra Cilíndrica $J = \frac{\pi D^4}{32}$	Tensão de Flexão $\sigma_{xx}(x, z) = z \frac{M(x)}{I}$
	Momento de Inércia Seção Circular $I = \frac{\pi D^4}{64}$ Seção Tubular $I = \frac{\pi}{64} (D^4 - (D - 2t)^4)$

Vasos de Pressão Cilíndricos (Parede Grossa) $\sigma_{rr}(r) = -\left(\frac{b^2}{r^2} - 1\right) p_i - \left(\frac{b^2}{a^2} - \frac{b^2}{r^2}\right) p_o$ $\sigma_{\theta\theta}(r) = \left(\frac{b^2}{r^2} + 1\right) p_i - \left(\frac{b^2}{a^2} + \frac{b^2}{r^2}\right) p_o$	 $\sigma_{zz} = \sigma_o$
--	---



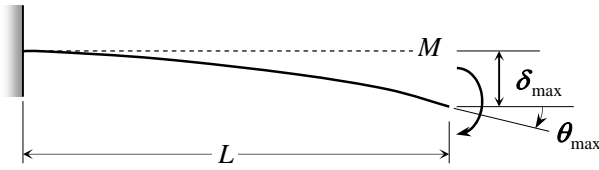
$$\delta(x) = \frac{Px^2}{6EI}(3L - x)$$

$$\delta_{\max} = \frac{PL^3}{3EI} \quad \theta_{\max} = \frac{PL^2}{2EI}$$



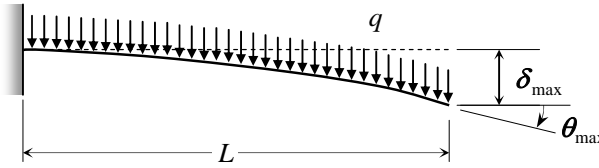
$$\delta(x) = \begin{cases} \frac{P}{6EI}(3x^2a - x^3), & x < a \\ \frac{P}{6EI}(3x^2a - x^3 + (x-a)^3), & x > a \end{cases}$$

$$\delta_{\max} = \frac{Pa^2(3L-a)}{6EI} \quad \theta_{\max} = \frac{Pa^2}{2EI}$$



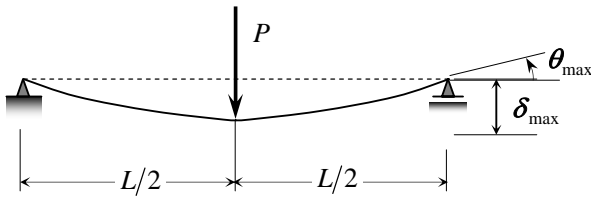
$$\delta(x) = \frac{Mx^2}{2EI}$$

$$\delta_{\max} = \frac{ML^2}{2EI} \quad \theta_{\max} = \frac{ML}{EI}$$



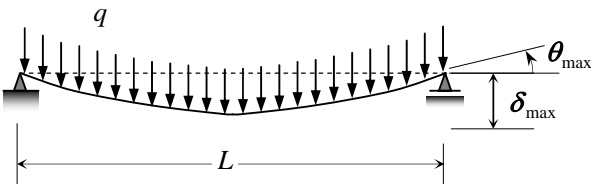
$$\delta(x) = \frac{qx^2}{24EI}(x^2 + 6L^2 - 4Lx)$$

$$\delta_{\max} = \frac{qL^4}{8EI} \quad \theta_{\max} = \frac{qL^3}{6EI}$$



$$\delta(x) = \begin{cases} \frac{P}{48EI}(3L^2x - 4x^3), & x < L/2 \\ \frac{P}{6EI}\left(3L^2x - 4x^3 + 8\left(x - \frac{L}{2}\right)^3\right), & x > L/2 \end{cases}$$

$$\delta_{\max} = \frac{PL^3}{48EI} \quad \theta_{\max} = \frac{PL^2}{16EI}$$



$$\delta(x) = \frac{qx^2}{24EI}(L^2 - 2Lx^2 + x^3)$$

$$\delta_{\max} = \frac{5qL^4}{384EI} \quad \theta_{\max} = \frac{qL^3}{24EI}$$