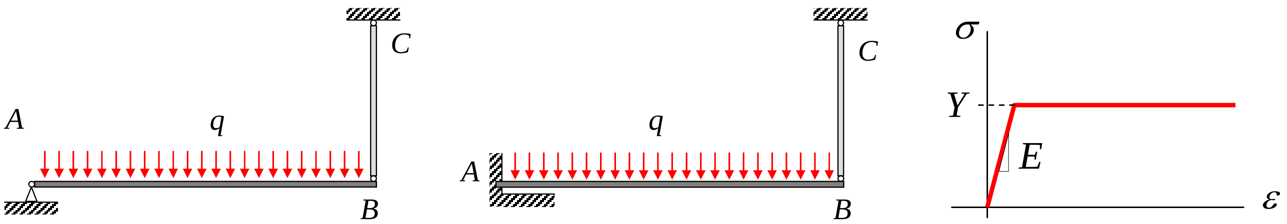
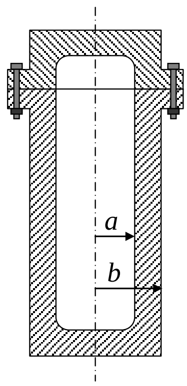
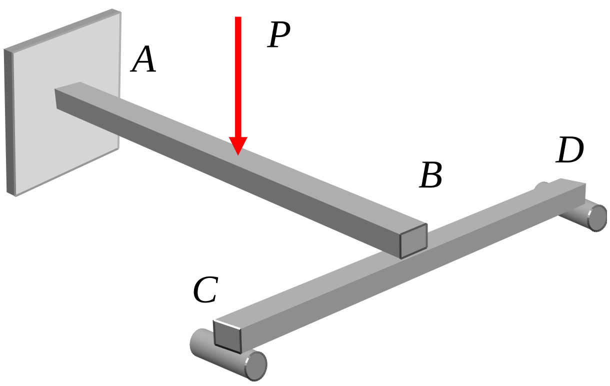
Problema 1. A figura abaixo mostra duas configurações de montagem para a viga AB, cujo comprimento é L_V e o momento de inércia de sua seção retangular é $I_V = bh^3/12$. Na primeira configuração a viga é simplesmente apoiada na seção A. Na segunda, esta mesma extremidade encontra-se engastada. Nas duas configurações a viga tem a extremidade B suspensa pela barra vertical BC, de altura H_B e área da seção transversal A_B. A barra é livre para girar tanto em B quanto em C, ou seja, estas junções não transmitem momentos. Em ambos os casos a viga é submetida a uma carga distribuída por unidade de comprimento q. A viga e a barra são fabricadas a partir do mesmo material, cujo comportamento mecânico pode ser modelado como elástico-perfeitamente-plástico e caracterizado pelo módulo de elasticidade E e pelo limite de escoamento Y (ver figura). Lembrando que para uma viga de seção retangular o momento fletor limite, responsável pelo colapso plástico, é $M_L = 1{,}5\ M_Y = 1{,}5\ (2Y\ I_V/h)$, determine, para ambas as configurações abaixo, o valor da carga limite q_L que leva o conjunto viga/barra a sofrer o colapso plástico. Suponha que em ambos os casos as deformações plásticas apareçam inicialmente na barra (3,0 pontos).



Problema 2. O vaso de pressão cilíndrico esquematicamente mostrado na figura ao lado, cujo material tem limite de escoamento de 350 MPa, 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 (3,5 pontos).



Problema 3. Duas vigas idênticas, de comprimento L e seção transversal quadrada de espessura e largura a, ambas fabricadas do mesmo material com módulo de elasticidade E, estão em contato no ponto B quando descarregadas. A viga AB é engastada em A e a viga CD é simplesmente apoiada em suas duas extremidades. Determine a máxima tensão de flexão nas duas vigas quando a viga AB é carregada pela força vertical P aplicada no centro de seu vão (distância $L/2$ da seção A) (3,5 pontos).



Estado Plano de Tensões

$$\sigma_{av} = \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy}}{2}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}{2}\right)^2 + \sigma_{xy}^2}$$

$$\sigma_I = \sigma_{av} + R$$

$$\sigma_{II} = \sigma_{av} - R$$

Tensão Cisalhante Máxima

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

Tensão de von Mises

$$\sigma_{\mathrm{VM}} = \sqrt{\frac{1}{2}\left((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2\right)}$$

Critério de Tresca: $\tau_{\max} < S_y / 2$

Critério de von Mises: $\sigma_{VM} < S_y$

Torsão de Barras Circulares

$$\sigma_{xr}(x, r) = r\,\frac{T(x)}{J}$$

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 Inéricia

Seção Circular

$$I = \frac{\pi D^4}{64}$$

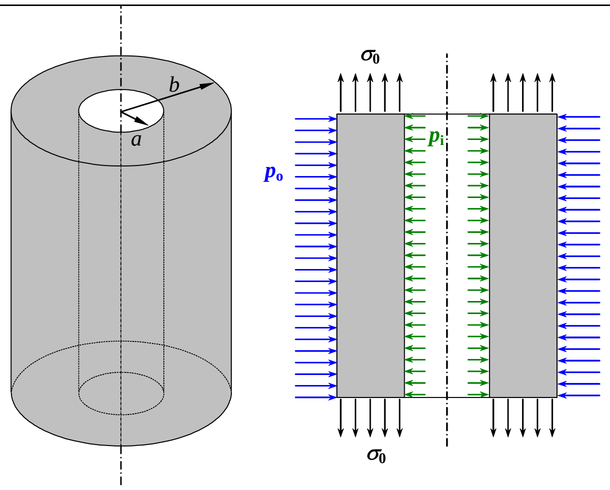
Seção Retangular

$$I = \frac{b\,h^3}{12}$$

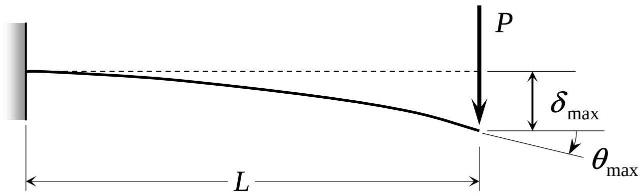
Vasos de Pressão Cilíndricos (Parede Grossa)

$$\sigma_{rr}(r) = -\frac{\left(\frac{b^2}{r^2} - 1\right)}{\left(\frac{b^2}{a^2} - 1\right)} p_i - \frac{\left(\frac{b^2}{a^2} - \frac{b^2}{r^2}\right)}{\left(\frac{b^2}{a^2} - 1\right)} p_o$$

$$\sigma_{\theta\theta}(r) = \frac{\left(\frac{b^2}{r^2} + 1\right)}{\left(\frac{b^2}{a^2} - 1\right)} p_i - \frac{\left(\frac{b^2}{a^2} + \frac{b^2}{r^2}\right)}{\left(\frac{b^2}{a^2} - 1\right)} p_o$$

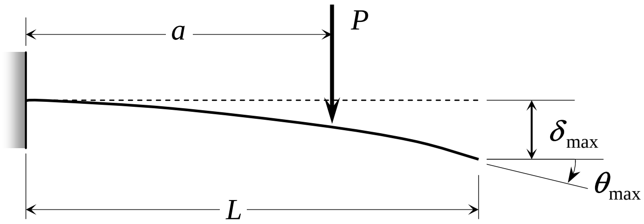


$$\sigma_{zz} = \sigma_o$$



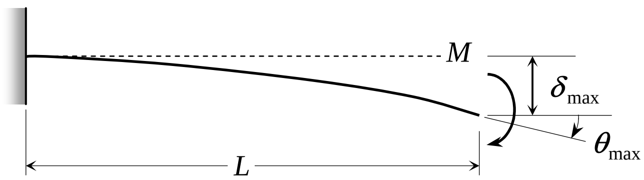
$$\delta(x) = \frac{Px^2}{6EI}\left(3L - x\right)$$

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



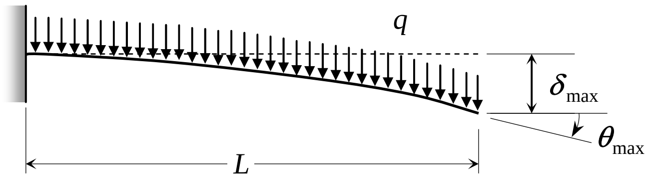
$$\delta(x) = \begin{cases} \dfrac{P}{6EI}\left(3x^2a - x^3\right), & x < a \\ \dfrac{P}{6EI}\left(3x^2a - x^3 + (x-a)^3\right), & x > a \end{cases}$$

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



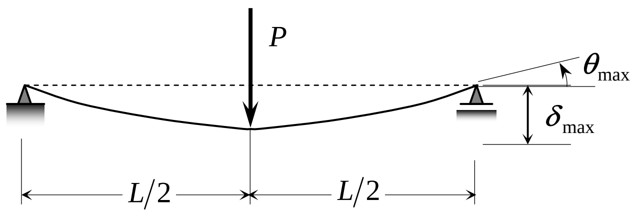
$$\delta(x) = \frac{Mx^2}{2EI}$$

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



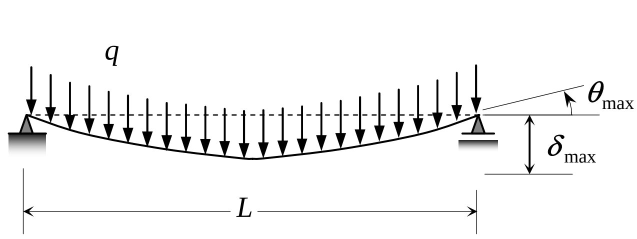
$$\delta(x) = \frac{qx^2}{24EI}\left(x^2 + 6L^2 - 4Lx\right)$$

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



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

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



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

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