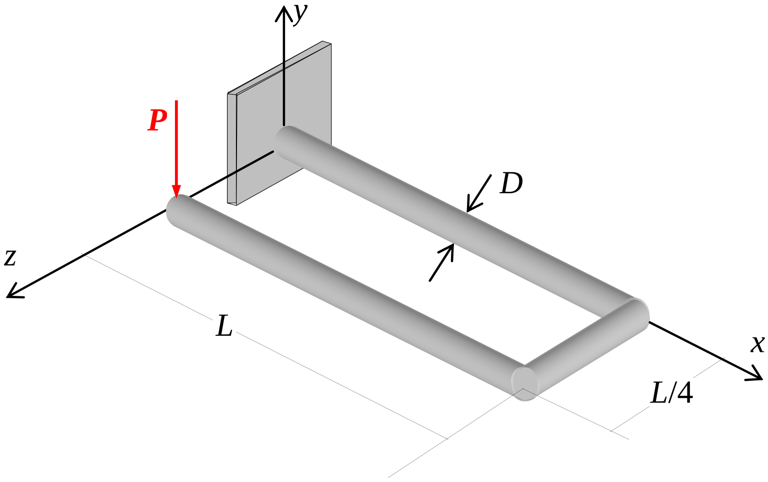
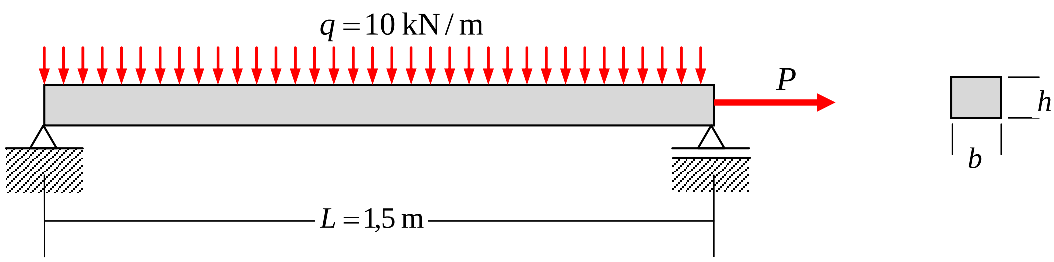
Problema 1. Uma barra em U é engastada em uma de suas extremidades e carregada fora do plano por uma força P conforme mostrado na figura abaixo. O limite de escoamento do material da barra é S_y. Utilizando o critério de Tresca (máxima tensão cisalhante) determine o máximo valor admissível para a carga P. (2,5 pontos).



Problema 2. No ponto mais carregado de uma estrutura sob estado de tensão plana são efetuadas medidas de deformação com uma roseta extensométrica a 45°. As deformações medidas são $\varepsilon(0°) = 300$ μm/m, $\varepsilon(45°) = -900$ μm/m e $\varepsilon(90°) = 330$ μm/m. O material da placa é linear e elástico com módulo de elasticidade E = 200 GPa, coeficiente de Poisson ν = 0,3 e limite de escoamento S_y = 500 MPa. Considerando que o ponto onde a medida foi realizada é aquele onde as tensões são máximas e utilizando tanto o critério de von Mises quanto o de Tresca, verifique se o carregamento da estrutura pode sofrer um aumento de 40% sem que ocorram deformações plásticas (2,5 pontos).

Problema 3. A barra de seção retangular mostrada na figura, com b = 100 mm e h = 50 mm, está simplesmente apoiada em suas duas extremidades e é submetida a um carregamento distribuído transversal uniforme. Determine qual a máxima carga axial P que pode ser aplicada adicionalmente ao carregamento transversal sem que a barra se deforme plasticamente. O limite de escoamento da barra é S_y = 250 MPa (2,5 pontos).



Problema 4. A pressão interna num vaso cilíndrico de paredes finas com diâmetro externo de 200 mm é de 10 MPa. Simultaneamente o vaso sofre uma torção axial produzida por um torque de 9 kN·m. O material do vaso possui limite de escoamento S_y = 300 MPa. Utilizando o critério de von Mises, determine a mínima espessura para o vaso (2,5 pontos).

Estado Plano de Tensões	Tensão Cisalhante Máxima
$\sigma_{av} = \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy}}{2}$ $R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}{2}\right)^2 + \sigma_{xy}^2}$ $\sigma_I = \sigma_{av} + R$ $\sigma_{II} = \sigma_{av} - R$	$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ $\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ 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: $\sigma_{VM} < S_y$

Torção de Barras Circulares		Tensão de Flexão		
$\sigma_{x\theta}(x,r) = r\frac{T(x)}{J}$		$\sigma_{xx}(x,y) = -y\frac{M(x)}{I}$		
Momento Polar de Inércia		Momento de Inércia		
Seção Circular	Seção Tubular ($D>>t$)	Seção Circular	Seção Retangular	Seção Tubular ($D>>t$)
$J = \frac{\pi D^4}{32}$	$J = \frac{\pi D^3 t}{4}$	$I = \frac{\pi D^4}{64}$	$I = \frac{b h^3}{12}$	$I = \frac{\pi D^3 t}{8}$
Vaso de pressão cilíndrico (paredes finas): $\sigma_{\theta\theta} = PD/2t$ $\quad \sigma_{xx} = PD/4t$				

Análise de Deformações

$$\varepsilon(\theta) = \frac{\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}}{2} + \frac{\varepsilon_{xx} - \varepsilon_{yy}}{2}\cos(2\theta) + \varepsilon_{xy}\sin(2\theta), \quad \varepsilon_{xy} = \frac{1}{2}\gamma_{xy}$$

Relação Deformação-Tensão-Temperatura

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\sigma_{xx}}{E} - \nu\frac{\sigma_{yy}}{E} - \nu\frac{\sigma_{zz}}{E} + \alpha\,\Delta T \qquad \varepsilon_{xy} = \frac{1}{2}\gamma_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{2G}$$

$$\varepsilon_{yy} = -\nu\frac{\sigma_{xx}}{E} + \frac{\sigma_{yy}}{E} - \nu\frac{\sigma_{zz}}{E} + \alpha\,\Delta T \qquad \varepsilon_{xz} = \frac{1}{2}\gamma_{xz} = \frac{\sigma_{xz}}{2G} \qquad G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$\varepsilon_{zz} = -\nu\frac{\sigma_{xx}}{E} - \nu\frac{\sigma_{yy}}{E} + \frac{\sigma_{zz}}{E} + \alpha\,\Delta T \qquad \varepsilon_{yz} = \frac{1}{2}\gamma_{yz} = \frac{\sigma_{yz}}{2G}$$

Em tensão plana ($\Delta T = 0$)

$$\sigma_{xx} = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_{xx} + \nu\varepsilon_{yy}) \qquad \sigma_{yy} = \frac{E}{1-\nu^2}(\nu\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}) \qquad \varepsilon_{zz} = -\frac{\nu}{1-\nu}(\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy})$$