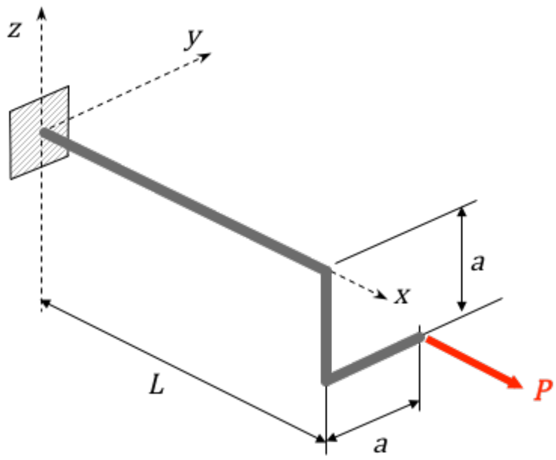
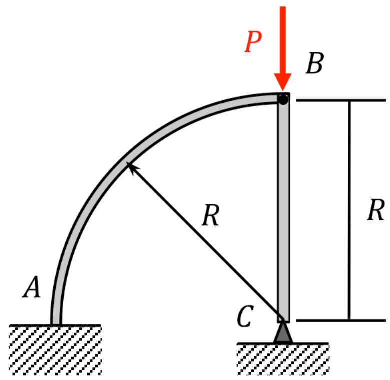
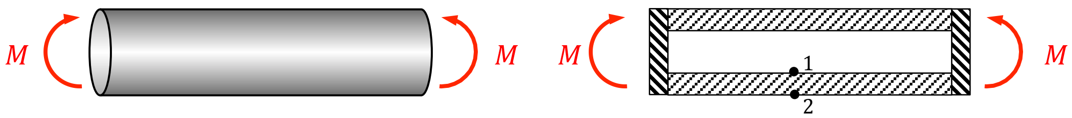
Problema 1 (3,5 pontos).Considere a barra mostrada na figura ao lado, cuja seção transversal é circular de diâmetro D. Seus módulos de elasticidade e de cisalhamento são respectivamente E e G. Determine a componente na direção x do deslocamento do ponto de aplicação da carga P, aplicada na direção x (despreze as contribuições dos esforços normal e cortante).



Problema 2 (3,0 pontos). A estrutura mostrada na figura ao lado é formada por duas barras conectadas por um pino em B. O módulo de elasticidade das duas barras é E. O momento de inércia da barra curva AB é duas vezes maior do que o da barra vertical BC, que é representado por I. A área da seção transversal da barra vertical é A, e seu raio de giração é $r = \sqrt{I/A} = R/10$. Determine o valor da carga vertical P que leva a estrutura a falhar por flambagem (despreze as contribuições dos esforços normal e cortante para a rigidez da barra curva).



Problema 3 (3,5 pontos). Um tubo fechado em suas duas extremidades encontra-se submetido a uma pressão interna de 60 MPa enquanto simultaneamente sofre a ação de um momento fletor uniforme de 100 N·m. Os raios interno e externo do tubo são, respectivamente, $a = 5$ e $b = 10$ mm. O limite de escoamento do material do tubo é $S_Y = 640$ MPa. (a) Determine as tensões produzidas pela pressão interna e pelo momento fletor nos pontos 1 e 2 indicados na figura (2,0 pontos). (b) Determine os fatores de segurança contra o escoamento considerando os critérios de von Mises e Tresca (1,5 pontos).



Fórmulas:

Energia de Deformação		**Teorema de Castigliano**		
Vigas em Flexão	$U = \int \frac{M^2}{2EI} ds$		Vigas em Flexão	$\delta = \frac{1}{EI} \int \frac{\partial M}{\partial P} M ds$
Eixos em Torção	$U = \int \frac{T^2}{2GJ} ds$	$\delta = \frac{\partial U}{\partial P}$	Eixos em Torção	$\delta = \frac{1}{GJ} \int \frac{\partial T}{\partial P} T ds$
Barras sob Esforço Axial	$U = \int \frac{N^2}{2EA} ds$		Barras sob Esforço Axial	$\delta = \frac{1}{EA} \int \frac{\partial N}{\partial P} N ds$

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: $\sigma_{VM} < S_y$

Tensão de Flexão

$$\sigma_{xx}(x,y) = -y\frac{M(x)}{I}$$

Momento de Inéricia para seção

Circular	Retangular	Tubular
$I = \frac{\pi D^4}{64}$	$I = \frac{b\,h^3}{12}$	$I = \frac{\pi}{4}(b^4 - a^4)$

Carga Crítica de Flambagem

$$P_{cr} = c\,\frac{EI}{L^2}$$

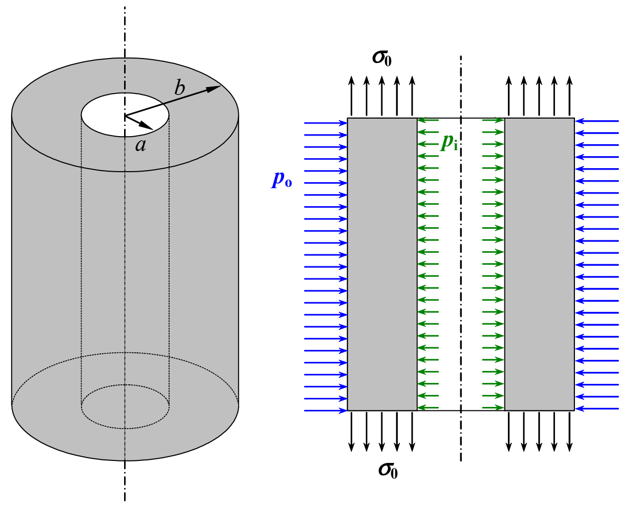
Tipo de Apoio	c
Simples-Simples	π^2
Engastada-Livre	$\pi^2/4$
Engastada-Simples	20,2
Engastada-Engastada	$4\pi^2$

Vasos de Pressão Cilíndricos

(Parede Grossa)

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

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



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

$$\int \sin\theta\, d\theta = -\cos\theta \qquad \int \cos\theta\, d\theta = \sin\theta \qquad \int \sin^2\theta\, d\theta = \frac{\theta}{2} - \frac{\sin 2\theta}{4}$$

$$\int \cos^2\theta\, d\theta = \frac{\theta}{2} + \frac{\sin 2\theta}{4} \qquad \int \sin\theta\cos\theta\, d\theta = -\frac{\cos 2\theta}{4}$$