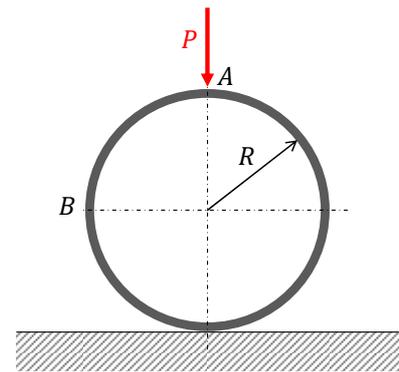
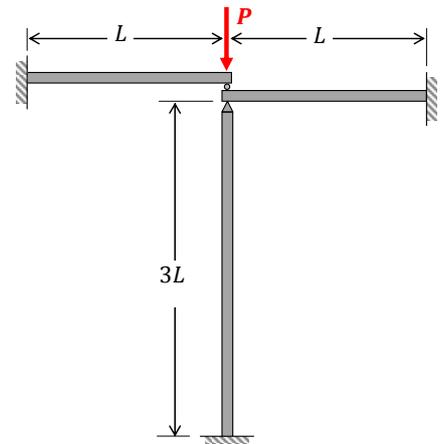


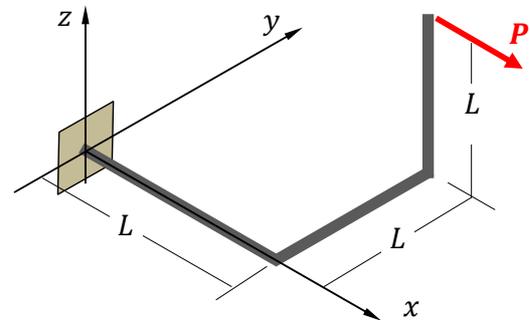
Problema 1 (3,5 pontos). Considere o anel circular mostrado na figura, de raio R , módulo de elasticidade E e seção transversal quadrada de lado a . Determine as máximas tensões em valor absoluto produzidas pela força P nas seções transversais A e B .



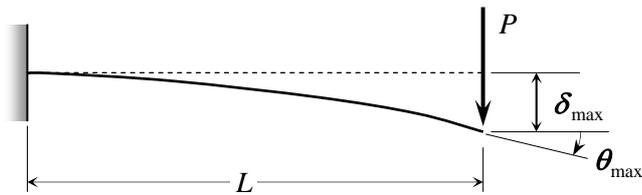
Problema 2 (3,0 pontos). Considere a estrutura mostrada na figura ao lado. As duas barras horizontais são idênticas, de comprimento $L = 300$ mm, seção transversal quadrada de lado $a = 20$ mm e módulo de elasticidade $E = 200$ GPa. A barra vertical tem comprimento $3L$, mesmo material e mesma seção transversal das duas outras barras. As barras horizontais são engastadas em uma de suas extremidades e entram em contato através de um rolete que transmite apenas uma força transversal. A barra vertical também é engastada na sua extremidade inferior, e suporta parte do carregamento vertical aplicado na estrutura. Considerando a possibilidade de falha por flambagem na barra vertical, determine o máximo valor admissível para a força vertical P .



Problema 3 (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 (despreze as contribuições dos esforços normal e cortante).

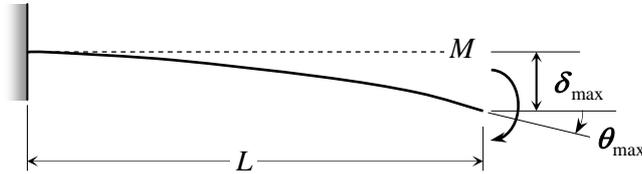


Tensão de Flexão	Momento de Inércia para seção		
	Circular	Retangular	Tubular ($D \gg t$)
$\sigma_{xx}(x, y) = -y \frac{M(x)}{I}$	$I = \frac{\pi D^4}{64}$	$I = \frac{bh^3}{12}$	$I = \frac{\pi D^3 t}{8}$
Carga Crítica de Flambagem $P_{cr} = c \frac{EI}{L^2}$	Tipo de Apoio		c
	Simples-Simples		π^2
	Engastada-Livre		$\pi^2/4$
	Engastada-Simples		20,2
	Engastada-Engastada		$4\pi^2$



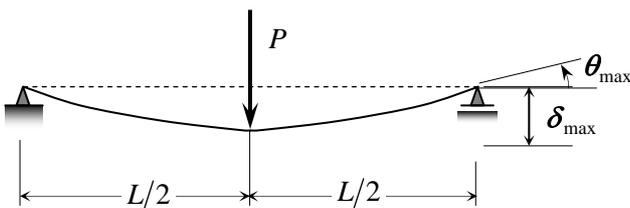
$$\delta(x) = \frac{Px^2}{6EI}(3L-x)$$

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



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

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



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

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

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

Tabela de Integrais

$$\int \sin \theta d\theta = -\cos \theta$$

$$\int \cos \theta d\theta = \sin \theta$$

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

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

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