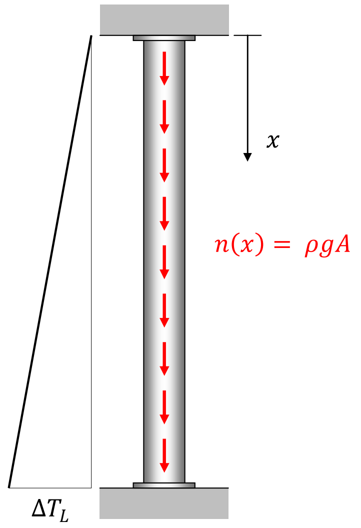
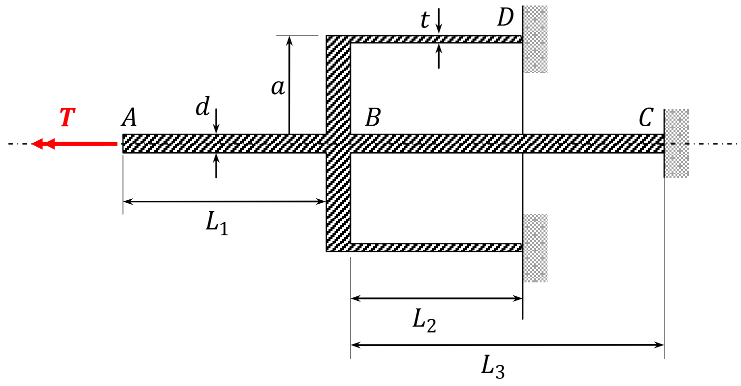
Problema 1 (3,0 pontos). Um tubo metálico vertical de altura L , sujeito ao seu próprio peso, é rigidamente fixado nas suas duas extremidades. O escoamento ascendente de um fluido aquecido no seu interior produz um aumento de temperatura $\Delta T(x)$, que decai linearmente a partir da extremidade inferior de acordo com a expressão:

$$\Delta T(x) = \Delta T_L \frac{x}{L}$$

O tubo tem área da seção transversal A. Seu material tem módulo de elasticidade E, peso específico ρ, e coeficiente de dilatação térmica α. Determine as forças de reação nas extremidades do tubo.

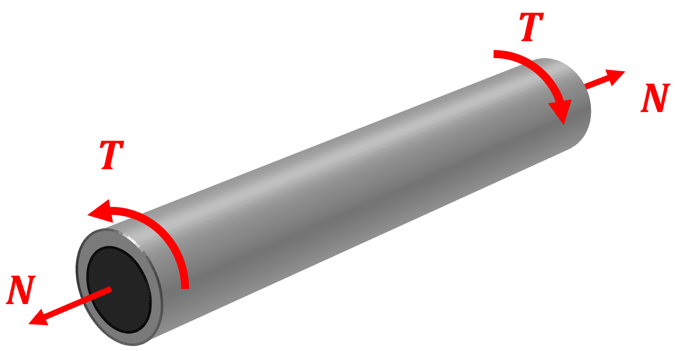


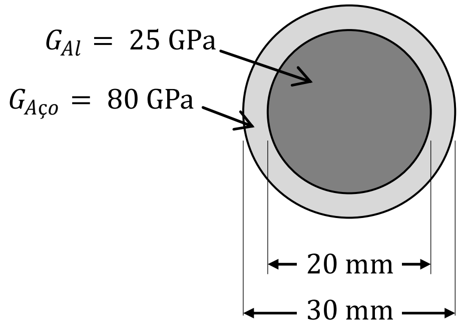
Problema 2 (3,5 pontos). O eixo ABC mostrado na figura é conectado a uma placa rígida na seção B de forma que parte do torque T aplicado em A seja parcialmente transmitido para o tubo de diâmetro $2a$ e espessura t ($a \gg t$). Determine a rotação ϕ_A no ponto de aplicação do torque. O eixo e o tubo são fabricados do mesmo material com módulo de cisalhamento G.



d	a	t	L_1	L_2	L_3	G	T
2 mm	10 mm	1 mm	25 mm	25 mm	35 mm	70 GPa	0.1 N · m

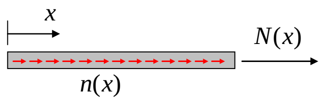
Problema 3 (3,5 pontos). O eixo mostrado na figura abaixo é composto por uma alma de alumínio revestida por uma camada de aço carbono. O eixo é submetido a um carregamento combinado de torção e tração. O torque aplicado é $T = 200\ \mathrm{N \cdot m}$ e o esforço normal trativo é $N = 60\ \mathrm{kN}$. Determine a tensão cisalhante máxima nos pontos da superfície do eixo. Considere ainda $E_{Aço} = 200\ \mathrm{GPa}$ e $E_{Al} = 70\ \mathrm{GPa}$.





Equações

1) Carregamento axial



$$\frac{dN}{dx} + n(x) = 0,\ \varepsilon = \frac{N}{EA} + \alpha\,\Delta T\text{, e }\varepsilon = \frac{du}{dx}$$

2) Carregamento de Torção

$$\Delta\phi = \frac{TL}{GJ}$$

$$\tau = \frac{Tr}{J}$$

Cilindro $J = \dfrac{\pi D^4}{32}$

Tubo $J = \dfrac{\pi}{32}\left[D^4 - (D-2t)^4\right]$

Tubo de parede fina $J = \dfrac{\pi D^3 t}{4} \quad (D >> t)$

3) Estado plano de tensão

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

$$\sigma_I = \sigma_{\mathrm{m}} + R \qquad \sigma_{II} = \sigma_{\mathrm{m}} - R$$

Tensão Cisalhante Máxima

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3 \qquad \tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$