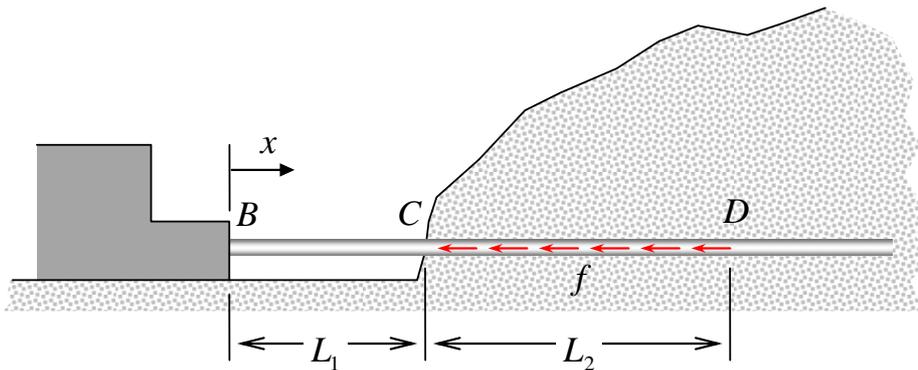


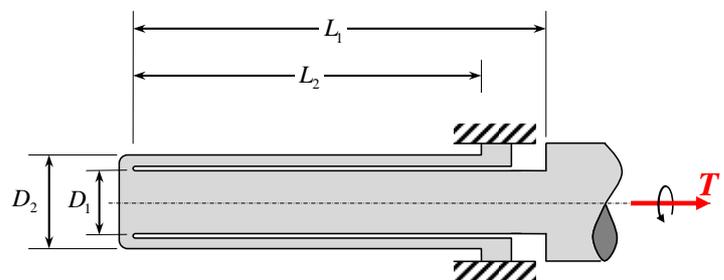
Problema 1. Um duto horizontal de seção transversal de área A e material com módulo de elasticidade E , é parcialmente enterrado. A extremidade B , que corresponde à saída da estação de bombeamento, é engastada. O duto sofre um aumento uniforme de temperatura ΔT , o que faz com que parte do trecho enterrado deslize contra uma força de atrito por unidade de comprimento f , que assume-se como uniforme. Este deslizamento ocorre apenas no trecho de comprimento L_2 , entre os pontos C e D indicados na figura. Assim, pode-se também assumir que o deslocamento da seção transversal do tubo no ponto D é nulo. Determine a força axial de reação produzida em B devido a este aumento de temperatura (3,0 pontos).



$$n(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x < L_1 \\ -f, & L_1 < x < L_1 + L_2 \end{cases}$$

Problema 2. A figura abaixo mostra uma mola de torção que consiste num eixo interno de diâmetro D_1 e uma camisa cujo diâmetro externo é D_2 . O espaço entre o eixo e a superfície interna da camisa é muito pequeno, de forma que esta pode ser considerada como um tubo de diâmetros interno e externo respectivamente iguais a D_1 e D_2 . A camisa e o eixo são fabricadas de um mesmo material cujo módulo de cisalhamento é G (3,0 pontos).

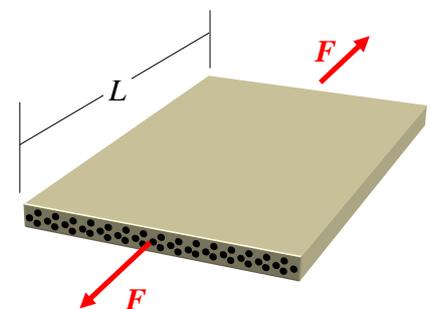
- Determine a constante da mola de torção (razão entre o o torque aplicado e a rotação da mola).
- Qual deve ser a relação entre D_1 e D_2 para que as máximas tensões de cisalhamento na camisa e no eixo tenham o mesmo valor.



Problema 3. Uma lâmina de material compósito unidirecionalmente reforçado é fabricado embebendo-se as fibras de um material com módulo de elasticidade E_F , alinhadas na direção do reforço, em uma matriz polimérica, menos rígida e com módulo de elasticidade E_M . As fibras são perfeitamente coladas na matriz, de forma que quando a lâmina compósita é carregada por uma força axial F , ambos os componentes experimentam a mesma deformação longitudinal. Se a razão entre os volume de fibra e da matriz polimérica é η , mostre que a deformação da lâmina e o módulo de elasticidade efetivo do compósito, E_C , na direção do reforço são dados por:

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{F/A}{E_C} \quad \text{e} \quad E_C = \frac{E_M + \eta E_F}{1 + \eta}$$

onde A é a área da seção transversal da lâmina (2,5 pontos).

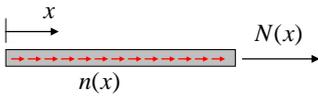


Problema 4. O estado de tensão num ponto de um corpo sólido é dado pelo tensor de tensões abaixo, escrito em um sistema de coordenadas cartesianas xyz . Determine as tensões principais e a tensão cisalhante máxima no ponto considerado (1,5 ponto).

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100 & 0 & 20 \\ 0 & -50 & 0 \\ 20 & 0 & -30 \end{bmatrix} \text{ MPa}$$

Fórmulas

1) Carregamento axial



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

2) Carregamento de Torção

$\Delta\phi = \frac{TL}{GJ}$	Cilindro $J = \frac{\pi D^4}{32}$
$\tau(r) = \frac{Tr}{J}$	Tubo $J = \frac{\pi}{32} [D_e^4 - D_i^4]$

3) Estado plano de tensão

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

Tensão Cisalhante Máxima	
$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$	$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$