1) Um ensaio de tração foi executado em um corpo-de-prova com um diâmetro original de 48 mm e um comprimento nominal de 200 mm. Os resultados do ensaio até a ruptura estão listados na tabela abaixo. Faça o gráfico do diagrama tensão-deformação e determine aproximadamente o módulo de elasticidade, a tensão de escoamento e o módulo de tenacidade.

Carga (kN)	δ (mm)
0	0
480	0,40
480	0,60
480	1,60
650	2,80
840	18,0
750	28,0

ε	σ
0,0	0,0
0,002	265,3
0,003	265,3
0,008	265,3
0,014	359,2
0,090	464,2
0,140	414,5

Solução:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times [48\ \text{mm}]^2}{4} = 1809{,}6\ \text{mm}^2$$

→Cálculo das tensões normais – para cada carga da tabela:

$$\sigma_0 = \frac{P_0}{A} = \frac{0\ \text{N}}{1809{,}6\ \text{mm}^2} = 0{,}0\ \text{MPa}$$

$$\sigma_1 = \frac{P_1}{A} = \frac{480000\ \text{N}}{1809{,}6\ \text{mm}^2} = 265{,}3\ \text{MPa}$$

... e assim por diante até a última carga:

$$\sigma_6 = \frac{P_6}{A} = \frac{750000\ \text{N}}{1809{,}6\ \text{mm}^2} = 414{,}5\ \text{MPa}$$

→Cálculo das deformações específicas – para cada alongamento da tabela:

$$\varepsilon_0 = \frac{\delta_0}{L} = \frac{0\ \text{mm}}{200\ \text{mm}} = 0{,}0$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\delta_1}{L} = \frac{0{,}40\ \text{mm}}{200\ \text{mm}} = 0{,}002$$

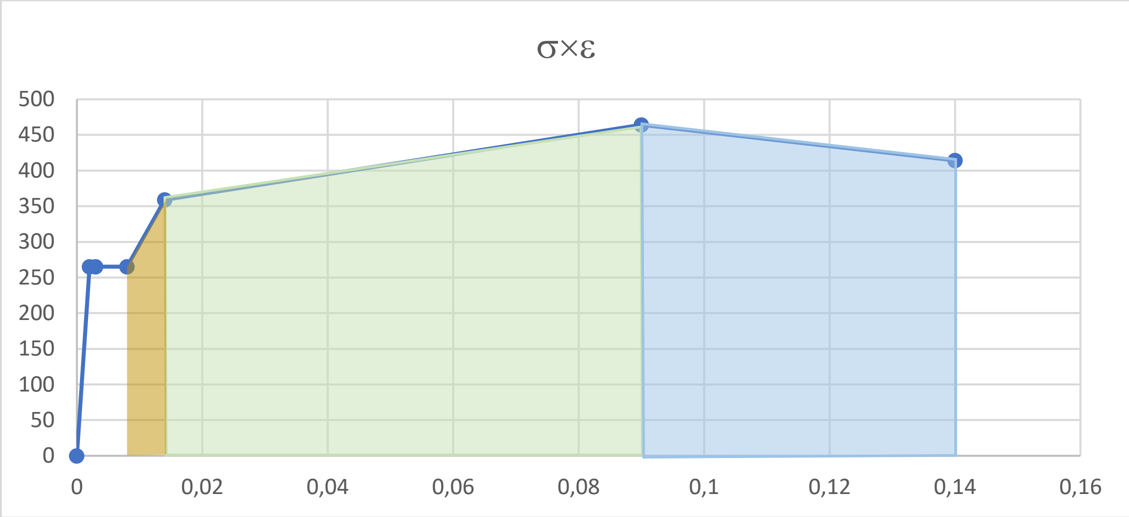
... e assim por diante até o último alongamento:

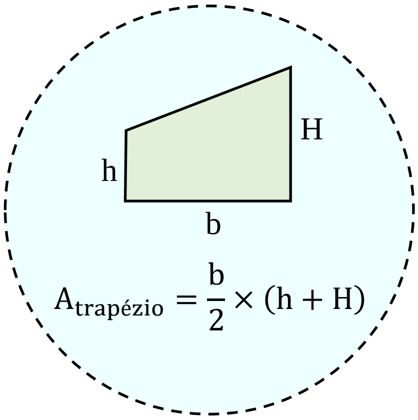
$$\varepsilon_6 = \frac{\delta_6}{L} = \frac{28{,}0\ \text{mm}}{200\ \text{mm}} = 0{,}140$$

→Módulo de elasticidade:

$$E = \frac{265{,}3}{0{,}002} = 132629\ \text{MPa}$$

$$\therefore E = 133\ \text{GPa}$$





→Módulo de tenacidade:

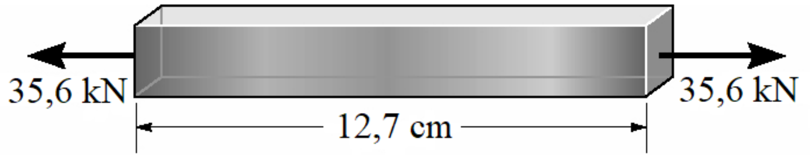
$$u_t \cong \frac{0{,}002 \times 265{,}3}{2} +$$
$$+(0{,}008 - 0{,}002) \times 265{,}3 +$$
$$+\frac{0{,}014 - 0{,}008}{2} \times (265{,}3 + 359{,}2) +$$
$$+\frac{0{,}090 - 0{,}014}{2} \times (359{,}2 + 464{,}2) +$$
$$+\frac{0{,}140 - 0{,}090}{2} \times (464{,}2 + 414{,}5) = 57{,}0 \text{ MPa} = 57{,}0 \times 10^6 \frac{N}{m^2} . \frac{m}{m} = 57{,}0 \frac{MN.m}{m^3}$$

$$\therefore u_t \cong 57{,}0 \frac{MJ}{m^3}$$

Obs.: 1 MJ = 1 Mega **Joule** = 1×10^6 **N.m**

Resposta:
E= 133 GPa
u_t= 57,0 MPa
σ_{esc}= 265 MPa

2) Uma barra com comprimento de 12,7 cm e área da seção transversal de 0,46 cm^2 está submetida a uma força axial de 35,6 kN. Se a barra alonga 0,05 cm, determinar o módulo de elasticidade do material. O material tem comportamento linear-elástico.



Solução:

→Tensão normal média:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{35{,}6\ \mathrm{kN}}{0{,}46\ \mathrm{cm}^2} = 77{,}39\ \frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{cm}^2}$$

→Deformação específica média:

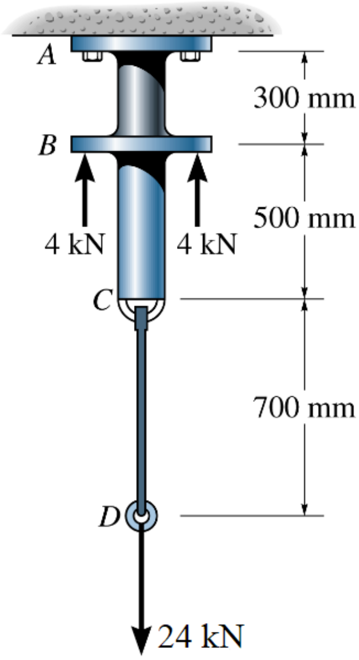
$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} = \frac{0{,}05\ \mathrm{cm}}{12{,}7\ \mathrm{cm}} = \frac{0{,}5\ \mathrm{mm}}{127\ \mathrm{mm}} = 0{,}003937$$

→Assim, o módulo de elasticidade é:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{77{,}39\ \frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{cm}^2}}{0{,}003937} = 19657{,}4\ \frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{cm}^2} = 197\ \mathrm{GPa}$$

Resposta: O módulo de elasticidade do material é **E=197 GPa**.

3) O conjunto consiste de barras de alumínio ABC, com diâmetro de 32 mm e colar fixo em B, e uma haste de aço CD com diâmetro de 8 mm. Determinar o deslocamento do ponto D quando o conjunto é carregado como mostrado. Desprezar as dimensões do colar em B e a conexão em C. $E_{aço}$ = 200 GPa, E_{al}= 70 GPa.



Solução:

→Esforços normais:

N_{CD} = 24 kN
N_{BC} = 24 kN
N_{AB} = 24 – 2×4 = 16 kN

→Comprimentos:

L_{CD} = 700 mm
L_{BC} = 500 mm
L_{AB} = 300 mm

→Módulos de Elasticidade:

E_{CD} = 200 GPa = 200 kN/mm^2
E_{BC} = 70 GPa = 70 kN/mm^2
E_{AB} = 70 GPa = 70 kN/mm^2

→Áreas das seções transversais:

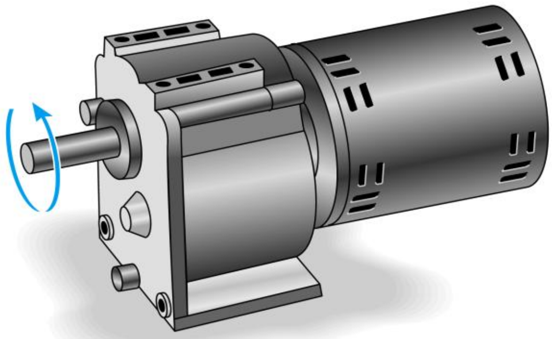
$$A_{CD} = \frac{\pi}{4}(8\ \text{mm})^2 = 50{,}265\ \text{mm}^2$$
$$A_{BC} = \frac{\pi}{4}(32\ \text{mm})^2 = 804{,}25\ \text{mm}^2$$
$$A_{AB} = \frac{\pi}{4}(32\ \text{mm})^2 = 804{,}25\ \text{mm}^2$$

Assim:

$$\delta_D = \delta_{AD} = \sum_{i=1}^{n} \frac{N_i L_i}{E_i A_i} \Rightarrow \delta_D = \delta_{AB} + \delta_{BC} + \delta_{CD} = \frac{N_{AB}L_{AB}}{E_{AB}A_{AB}} + \frac{N_{BC}L_{BC}}{E_{BC}A_{BC}} + \frac{N_{CD}L_{CD}}{E_{CD}A_{CD}} \Rightarrow$$
$$\delta_D = \frac{16 \times 300}{70 \times 804{,}25} + \frac{24 \times 500}{70 \times 804{,}25} + \frac{24 \times 700}{200 \times 50{,}265} = 1{,}97\ \text{mm}$$

Resposta: O deslocamento da extremidade A em relação à extremidade D é **δ_D = 1,97 mm**.

4) O motor de engrenagens desenvolve 4 kW quando gira a 6000 rpm. Supondo que a tensão de cisalhamento admissível para o eixo seja τ_{adm} = 55 MPa, determinar o menor diâmetro de eixo que pode ser usado (resposta em milímetros inteiros).



Solução:

1 rotação = 2π rad
1 minuto = 60 s

→Cálculo do torque:

$$P = 4\ \text{kW} = 4 \times 10^6 \frac{\text{N.mm}}{\text{s}}$$

$$\omega = 6000\ \text{rpm} = 6000 \times \frac{2\pi}{60}\frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P = T\,\omega \ \Rightarrow T = \frac{P}{\omega} \ \Rightarrow$$

$$T = \frac{4 \times 10^6 \frac{\text{N.mm}}{\text{s}}}{6000 \times \frac{2\pi}{60}\frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 6366{,}1977\ \text{N.mm}$$

→Cálculo do diâmetro mínimo do eixo:

$$d_{min} = ?$$

$$\tau_{max} = \frac{T d_{min}}{2 J_T}$$

$$J_T = \frac{\pi}{32} d_{min}^4$$

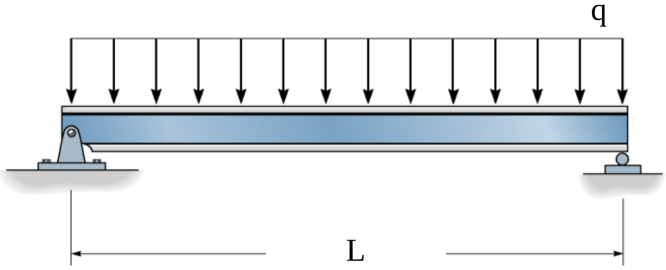
Assim:

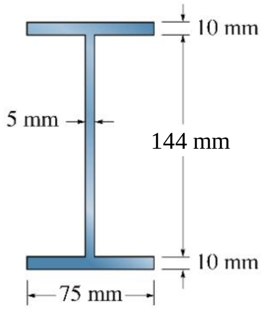
$$\tau_{max} = \frac{T d_{min}}{2\frac{\pi}{32} d_{min}^4} = \frac{T}{2\frac{\pi}{32} d_{min}^3}$$

$$\Rightarrow d_{min} = \sqrt[3]{\frac{T}{\frac{\pi}{16}\tau_{max}}} = \sqrt[3]{\frac{16\,T}{\pi\,\tau_{max}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 6366{,}1977}{\pi \times 55}} = 8{,}385\ \text{mm}$$

$\therefore d_{min} = 9\ \text{mm}$

5) Calcule o menor momento de inércia da seção transversal, $\mathbf{I_x}$, da viga biapoiada abaixo:



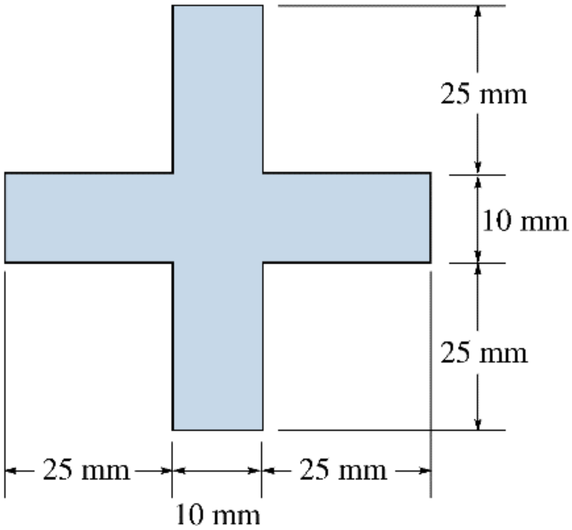


Solução:

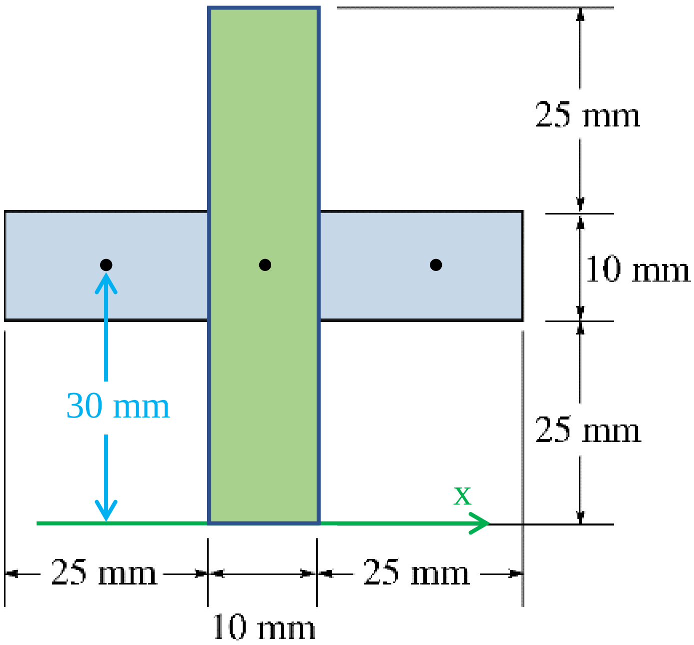
$$I_x = \frac{75 \times 164^3}{12} - \frac{70 \times 144^3}{12} = 10150160 \text{ mm}^4 = 1015{,}0160 \text{ cm}^4$$

$\therefore I_x = 1015 \text{ cm}^4$

6) Calcule o momento de inércia da seção transversal de uma barra, vista na figura abaixo, em relação a um eixo horizontal que passa pela base.



Solução:



A seção transversal em cruz foi dividida em três retângulos: um de 10 mm × 60 mm e outros dois de 25 mm × 10 mm. Observe que os três retângulos tem a mesma distância (30 mm) até o eixo x que passa pela base (em verde)

Momento de inércia da seção transversal em relação à base é:

$$I_x = \left[\frac{10 \times 60^3}{12} + (10 \times 60) \times 30^2\right] + 2 \times \left[\frac{25 \times 10^3}{12} + (25 \times 10) \times 30^2\right] = 117{,}41667 \text{ cm}^4$$

$$\therefore I_x = 117 \text{ cm}^4$$