

## Folha 5 – Elasticidade

1. Uma vareta de aço (módulo de elasticidade:  $2 \times 10^{11}$  Pa) de 2 m de comprimento e  $0,3 \text{ cm}^2$  de área de seção transversal é usada para suspender uma massa de 550 kg.  
(a) Determine a tensão, a deformação e a variação de comprimento da vareta.  
(b) Faça os mesmos cálculos considerando um comprimento inicial de 3 m para a vareta.
2. Uma corda de piano de 1,6 m de comprimento original, feita de arame de aço (módulo de elasticidade:  $2 \times 10^{11}$  Pa) de 0,2 cm de diâmetro, aumenta o seu comprimento de 0,3 cm quando afinada. Determine a tensão, a deformação e a força de tração da corda.
3. Uma coluna de mármore (módulo de elasticidade:  $5 \times 10^{10}$  Pa) de 10 m de altura e com  $2 \text{ m}^2$  de área de seção transversal apoia uma massa de 20 toneladas. Determine:  
(a) a tensão na coluna;  
(b) a deformação da coluna;  
(c) a variação de comprimento da coluna.
4. Uma determinada prensa hidráulica contém 250 l de óleo (módulo de compressibilidade:  $5 \times 10^9$  Pa). Determine a variação de volume do óleo quando a prensa é sujeita a um aumento de pressão de  $1,6 \times 10^7$  Pa.
5. Determine a pressão necessária para comprimir o volume de um bloco de ferro (módulo de compressibilidade:  $9 \times 10^{10}$  Pa) de 0,1%, expressando a resposta em Pa e comparando com a pressão atmosférica ( $1 \times 10^5$  Pa).
6. Um volume inicial de  $600 \text{ cm}^3$  de óleo decresce o seu volume de  $0,45 \text{ cm}^3$  quando sujeito a um aumento de pressão de exterior de  $3,6 \times 10^6$  Pa. Determine o módulo de compressibilidade deste óleo.
7. Uma chapa de bronze (módulo de corte:  $3,5 \times 10^{10}$  Pa) de dimensões  $80 \times 80 \times 0,5 \text{ cm}$  está sujeita a um par de forças paralelas e de sentidos contrários aplicadas em duas faces de menor área opostas, na direção ao longo do comprimento das faces.  
(a) Determine a intensidade dessas forças necessárias para provocar um deslocamento relativo das duas faces de 0,16 mm.  
(b) Qual seria o deslocamento relativo se as mesmas forças fossem exercidas nas faces de maior área ( $80 \times 80 \text{ cm}^2$ )?
8. O ouro tem um módulo de corte  $2,7 \times 10^{10}$  Pa. Uma vareta de ouro de 2 mm de raio é sujeita à força de corte de 20 N de uma tesoura com separação entre arestas de 0,25 mm. Determine:  
(a) A tensão de corte aplicada;  
(b) A deformação da vareta;  
(c) O desvio do eixo da vareta devido à deformação.

9. Um arame cilíndrico de 1,84 mm de diâmetro atinge o ponto de rutura quando lhe é aplicado uma força de tração de 90,8 N. Determine a tensão de rutura de que é feito o material do arame.
10. Um determinado fio de aço (módulo de elasticidade:  $2 \times 10^{11}$  Pa) tem 4 m de comprimento e 0,05 cm<sup>2</sup> de seção transversal. O limite de proporcionalidade do aço é 0,0016 vezes o módulo de elasticidade e a tensão de rutura é 0,0065 vezes o módulo de elasticidade. Determine:
- (a) o máximo peso que pode ser pendurado do fio sem que seja excedido o limite de proporcionalidade;
  - (b) a deformação e o alongamento do fio naquelas condições;
  - (c) o peso máximo que o fio pode suportar.
11. A prata tem um módulo de elasticidade de  $8,3 \times 10^{10}$  Pa, um limite elástico de  $6,9 \times 10^6$  Pa, e tensão de rutura de  $1,7 \times 10^8$  Pa. Um fio de prata de 20 cm de comprimento e 1 mm de raio é sujeito a uma força de tração de 10 N.
- (a) Determine a tensão aplicada, a deformação e o alongamento.
  - (b) Qual a força aplicada que romperia o fio?
  - (c) Qual o raio de um fio de prata que sustentaria essa força sem ficar permanentemente deformado?
12. Um fio de bronze (tensão de rutura:  $4,7 \times 10^8$  Pa) tem de suportar uma força de tração de 350 N sem romper. Determine o diâmetro mínimo que o fio pode ter.
13. Um fio de um determinado tipo de nylon (módulo de elasticidade:  $5 \times 10^9$  Pa; tensão de cedência:  $5 \times 10^6$  Pa; tensão de rutura:  $5 \times 10^8$  Pa) de 1 m de comprimento e 0,4 mm de diâmetro é sujeito a uma força de tração. Determine:
- (a) a força máxima aplicada e o alongamento do fio sem que sofra uma deformação plástica;
  - (b) a força máxima aplicável sem que o fio rompa.
  - (c) o número de fios daquele tipo e dimensões que deveriam ser juntos em paralelo para que a força calculada na alínea anterior produza a deformação máxima elástica;
  - (d) a deformação e o alongamento dos fios nas condições da alínea anterior, admitindo a proporcionalidade.
14. A amílase do amido em determinada preparação tem um módulo de elasticidade de  $5 \times 10^8$  Pa e uma tensão de rutura de  $15 \times 10^6$  Pa. O limite de elasticidade é atingido quando a deformação é de 2,5%. Para uma amostra de 0,1 mm de espessura e dimensões 10 mm x 50 mm a que se aplica uma força de tração segundo a direção de maior dimensão, determine:
- (a) a força máxima de distensão que a amostra pode suportar;
  - (b) a tensão de cedência, considerando-a igual ao limite de proporcionalidade;
  - (c) o alongamento da amostra e a força aplicada no limite de cedência;
  - (d) quanto deveria ser a espessura da amostra para a força calculada na alínea (a) sem deformação permanente?
15. Um cubo feito de material com módulo de compressibilidade de  $3 \times 10^9$  Pa e módulo de elasticidade de  $2,3 \times 10^9$  Pa sofre uma redução de volume  $7 \times 10^{-8}$  m<sup>3</sup> quando

- sujeito a um aumento de pressão isostática de 2 MPa. Quando duas faces opostas do cubo são sujeitas a forças de  $4,97 \times 10^3$  N paralelas às faces e em sentidos opostos, há um deslocamento lateral das faces uma em relação à outra de 0,9 mm.
- (a) Determine o módulo de corte do material.
- (b) Que força que deverá ser aplicada na compressão do cubo entre duas faces opostas para atingir o mesmo valor de deformação atingido com a tensão de corte referida?
16. Um osso tem um módulo de Young maior para o estiramento ( $1,6 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>) do que para a compressão ( $0,94 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>). Quando um atleta de pesos pesados levanta um peso de 2200 N, de quanto é comprimido cada fémur? Considere que o fémur tem 60 cm de comprimento e um raio médio de 1 cm.
17. Quatro colunas de cimento, cada uma com 50 cm de diâmetro e 3 m de altura, suportam um peso total de  $5 \times 10^4$  N.
- (a) Se o módulo de elasticidade para o cimento for de  $20 \times 10^9$  N/m<sup>2</sup>, determine de quanto cada coluna foi comprimida para suportar aquela carga.
- (b) Determine a constante elástica efetiva para uma das colunas. Calcule o período de pequenas oscilações da amplitude assumindo uma constante efetiva igual à soma dos valores para as quatro colunas e desprezando o peso das colunas

### Soluções

1. (a)  $1,8 \times 10^8$  Pa;  $9 \times 10^{-4}$ ; 1,8 mm (b)  $\sigma$  e  $\epsilon$  não variam; 2,7 mm
2.  $3,75 \times 10^8$  Pa;  $1,875 \times 10^{-3}$ ;  $1,18 \times 10^3$  N
3. (a)  $9,8 \times 10^4$  Pa; (b)  $1,96 \times 10^{-6}$ ; (c)  $-1,96 \times 10^{-5}$
4. -0,8 l
5.  $9 \times 10^7$  Pa = 900 atm
6.  $B = 4,8 \times 10^9$  Pa;  $k = 2,08 \times 10^{-10}$  Pa<sup>-1</sup>
7. (a)  $2,8 \times 10^4$  N; (b)  $6,25 \times 10^{-9}$  m
8. (a)  $1,59 \times 10^6$  Pa; (b)  $5,9 \times 10^{-5}$ ; (c)  $1,5 \times 10^{-8}$  m
9.  $3,4 \times 10^7$  Pa
10. (a) 1600 N; (b) 0,0016; 6,4 mm; (c) 6500 N
11. (a)  $3,2 \times 10^6$  Pa;  $3,8 \times 10^{-5}$ ;  $7,7 \times 10^{-6}$  m (b) 534 N; (c) 5 mm
12. 0,97 mm
13. (a) 0,63 N; 1 mm; (b) 62,8 N; (c) 100; (d) 0,001; 1 mm
14. (a) 15 N; (b)  $1,25 \times 10^7$  Pa; (c) 1,25 mm; 12,5 N; (d)  $\geq 0,12$  mm
15. (a)  $1,17 \times 10^8$  Pa;  $9,74 \times 10^4$  N
16. 0,22 mm
17. (a) 9,6  $\mu$ m; (b)  $1,3 \times 10^9$  N/m; 6,2 ms