FÍSICA

ENERGIA, DINÂMICA IMPULSIVA E ESTÁTICA

■ CAPÍTULO 1

TRABALHO E ENERGIA

Conexões

1. O consumo diário de um ser humano adulto é de 2.400 kcal.

2. $E = 2.400.000 \cdot 4{,}18 \Rightarrow E = 10.032.000$ J

$E = m \cdot g \cdot h \Rightarrow 10.032.000 = 10 \cdot 10 \cdot h \Rightarrow h = 10.032$ m

Complementares

9. c

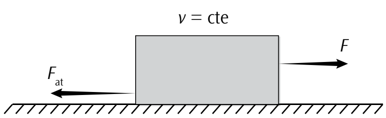
O trabalho de uma força é calculado pela área no gráfico $F \times x$:

$$\tau \overset{N}{=} \text{área} \Rightarrow \tau = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{1 \cdot 10}{2} \Rightarrow \tau = 5{,}0 \text{ J}$$

10. d

$\tau_p = \text{Peso} \cdot h \Rightarrow \tau_p = m \cdot g \cdot h \Rightarrow \tau_p = 2 \cdot 9{,}8 \cdot 4 \Rightarrow \tau_p = 78{,}4$ J

11. d



Sendo constante a velocidade com que o bloco se desloca, tem-se que:

$\tau_F = |\tau_{Fat}| \Rightarrow \tau_F = F_{at} \cdot d = \mu \cdot m \cdot g \cdot d \Rightarrow$

$\Rightarrow \tau_F = 0{,}2 \cdot 50.000 \cdot 10 \cdot 30.000 \Rightarrow \tau_F = 3 \cdot 10^9$ J

Como foram 500 pessoas realizando este trabalho, cada uma realizou:

$$\tau = \frac{\tau_F}{500} = \frac{3 \cdot 10^9}{500} = 6 \cdot 10^6 \Rightarrow \tau = 6.000 \text{ kJ}$$

12. F – V – V – V

I. (F) São iguais, pois, sendo a velocidade constante, a força resultante é nula. Assim: $P = T$. Logo: $\tau_P = \tau_T$

II. (V) Na fase de aceleração, temos: $\tau_P = P \cdot h \cdot \cos 0°$. Logo:

$\tau_P = 500 \cdot 10 \cdot 5{,}0 \cdot 1 \Rightarrow \tau_P = 25.000 \text{ J} = 2{,}5 \cdot 10^4$ J

III. (V) Em movimento retardado, a aceleração do elevador é:

$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot h \Rightarrow 0 = (4{,}0)^2 + 2 \cdot a \cdot 5{,}0 \Rightarrow a = -1{,}6 \text{ m/s}^2$

A intensidade da força de tração vale:

$T = P + F_R \Rightarrow T = 500 \cdot 10 + 500 \cdot 1{,}6 \Rightarrow T = 5.800$ N

Logo, o trabalho realizado pela força de tração vale:

$\tau_T = T \cdot h \cdot \cos 180° \Rightarrow \tau_T = 5.800 \cdot 5{,}0 \cdot (-1)$

$\tau_T = -2{,}9 \cdot 10^4$ J

IV. (V) Na descida, o trabalho total realizado sobre o elevador vale:

$\tau_{total} = \tau_P + \tau_T \Rightarrow \tau_{total} = 2{,}5 \cdot 10^4 + (-2{,}9 \cdot 10^4) \Rightarrow$

$\Rightarrow \tau_{total} = -0{,}4 \cdot 10^4 \text{ J} = -4.000$ J

21. c

De acordo com o gráfico, a função $F(L)$ é dada por: $F = 10 \cdot (L - 10)$, para L em cm e F em newton. Assim, para $L = 16$ cm, temos: $F = 60$ N

A quantidade de energia potencial elástica armazenada no material para uma deformação de 10 cm para 16 cm é igual, numericamente, à área do triângulo determinado pela linha do gráfico com o eixo horizontal no intervalo de 10 cm a 16 cm:

$$E_{\text{pot. elét.}} = \frac{6 \cdot 10^{-2} \cdot 60}{2} \Rightarrow E_{\text{pot. elét.}} = 1{,}8 \text{ J}$$

22. a) Se não houvesse a redução de velocidade, a distância percorrida pelo carro, entre 10 s e 40 s, seria:

$d_1 = v \cdot \Delta t \Rightarrow d_1 = 30 \cdot 30 \Rightarrow d_1 = 900$ m

Por causa da redução de velocidade, o carro percorreu uma distância igual a:

$$d_2 = \frac{30 + 10}{2} \cdot 10 + 10 \cdot 20 \Rightarrow d_2 = 400 \text{ m}$$

Portanto, a distância que o veículo deixou de percorrer é:

$\Delta s = d_1 - d_2 \Rightarrow \Delta s = 900 - 400 \Rightarrow \Delta s = 500$ m

b) De acordo com o teorema da energia cinética, temos:

$\tau_R = E_{\text{cin. final}} - E_{\text{cin. inicial}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \tau_R = \frac{m \cdot v_f^2}{2} - \frac{m \cdot v_i^2}{2} \Rightarrow \tau_R = \frac{m}{2} \cdot (v_f^2 - v_i^2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tau_R = \frac{1.000}{2} \cdot (10^2 - 30^2) \Rightarrow \tau_R = -4 \cdot 10^5 \text{ J}$$

23. a) $\tau_R = E_{Cf} - E_{Ci} = 0 - \dfrac{2 \cdot (10)^2}{2} \Rightarrow \tau_R = -100$ J

b) $\tau_N = N \cdot d \cdot \cos 90° = 0$

$\tau_P = -m \cdot g \cdot h = -2 \cdot 10 \cdot 4 = -80$ J

$\tau_R = \tau_P + \tau_N + \tau_{fa} = -100 \Rightarrow -80 + 0 + \tau_{fa} = -100 \Rightarrow$

$\Rightarrow \tau_{fa} = -20$ J

24. c

Na subida do caixote: $d = v \cdot \Delta t$ (M.U.)

I. Correta. $\tau_F = F \cdot d \cdot \cos 0° = F \cdot v \cdot \Delta t$

II. Incorreta. $\tau_P = -m \cdot g \cdot h$ (subida) e $h = d \cdot \text{sen } 30° = \dfrac{d}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \tau_P = -m \cdot g \cdot v \cdot \dfrac{\Delta t}{2}$

III. Correta. $\Delta E_p = m \cdot g \cdot \Delta h$ e $\Delta h = h \Rightarrow \Delta E_p = m \cdot g \cdot v \cdot \dfrac{\Delta t}{2}$

Tarefa proposta

1. d

As forças peso e normal são perpendiculares ao deslocamento; portanto, não realizam trabalho (trabalho nulo). Já as forças F e F_{at}, por serem paralelas ao deslocamento, realizam trabalho (trabalho não nulo), qualquer que seja o sentido do deslocamento.

2. d

$$\tau \overset{N}{=} A \Rightarrow \tau = \frac{6 + 4}{2} \cdot 5 = 25 \text{ J}$$

3. a

$$\tau \overset{N}{=} A \Rightarrow \tau = \frac{6{,}0 \cdot 20}{2} = 60\ \text{J}$$

4. c

$$\tau \overset{N}{=} A_{\text{trapézio}} - A_{\text{retângulo}} = \frac{(6+4)\cdot 3}{2} - 4 \cdot 2 \Rightarrow \tau = 7\ \text{J}$$

5. d

Por meio da área do gráfico, encontramos o trabalho.

$$\tau \overset{N}{=} \text{Área}$$

$$\tau = \frac{(50+30)\cdot 2}{2} = 80\ \text{J}$$

6. b

O trabalho é numericamente igual à área limitada pelo deslocamento.

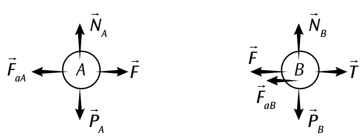
$$\tau \overset{N}{=} \text{Área} \Rightarrow \tau = \frac{2 \cdot 100}{2} = 100\ \text{J}$$

7. a

$\tau = P \cdot h \cdot \cos 0° \Rightarrow \tau = m \cdot g \cdot h \Rightarrow$

$\Rightarrow \tau = 80 \cdot 10 \cdot (2.000 - 1.000) \Rightarrow \tau = 8 \cdot 10^5\ \text{J}$

8. a) Forças em *A* e em *B*:



Velocidade constante: $F_R = 0$. Equilíbrio:

Em *A*, temos: $F = F_{aA}$ e $N_A = P_A$

Em *B*, temos: $T = F + F_{aB}$ e $N_B = P_B$

Dessas relações, obtemos:

$T = F_{aA} + F_{aB} \Rightarrow T = \mu \cdot N_A + \mu \cdot N_B \Rightarrow T = \mu \cdot g \cdot (m_A + m_B) \Rightarrow$

$\Rightarrow T = 0{,}3 \cdot 10 \cdot (0{,}5 + 1) \Rightarrow T = 4{,}5\ \text{N}$

b) $W = T \cdot d \cdot \cos\theta \Rightarrow W = T \cdot v \cdot \Delta t \cdot \cos\theta$

Sendo $\theta = 0°$, vem:

$W = 4{,}5 \cdot 0{,}1 \cdot 120 \cdot 1 \Rightarrow W = 54\ \text{J}$

c) Em *A*, temos:

$F = F_{aA} \Rightarrow F = \mu \cdot m_A \cdot g \Rightarrow F = 0{,}3 \cdot 0{,}5 \cdot 10 \Rightarrow F = 1{,}5\ \text{N}$

d) Da lei de Hooke, temos:

$F = k \cdot x' \Rightarrow 1{,}5 = 10 \cdot (x - 0{,}1) \Rightarrow 1{,}5 + 1 = 10 \cdot x \Rightarrow x = 0{,}25\ \text{m}$

9. d

$\tau = m \cdot g \cdot h$

1: pilão d'água: $\tau_1 = 30 \cdot 10 \cdot 1{,}5 = 450\ \text{J}$

2: pilão manual: $\tau_2 = 5{,}0 \cdot 10 \cdot 0{,}6 = 30\ \text{J}$

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{450}{30} = 15$$

10. a) Como $F_R = 0 \Rightarrow F = p \cdot \text{sen } 30° \Rightarrow 2 = m \cdot 10 \cdot 0{,}5 \Rightarrow$

$\Rightarrow m = 0{,}4\ \text{kg}$

b) $\tau_P = -m \cdot g \cdot h$ e $h = \text{d} \cdot \text{sen } 30° = 0{,}8 \cdot 0{,}5 = 0{,}4\ \text{m} \Rightarrow$

$\Rightarrow \tau_P = -0{,}4 \cdot 10 \cdot 0{,}4 = -1{,}6\ \text{J}$

11. a

$h = d \cdot \text{sen } 30° = 3.000 \cdot 0{,}5 = 1{,}5 \cdot 10^3\ \text{m}$

$\tau_P = -m \cdot g \cdot h$ e $h \Rightarrow -1{,}50 \cdot 10^8 = -M \cdot 10 \cdot 1{,}5 \cdot 10^3 \Rightarrow$

$\Rightarrow M = 1{,}0 \cdot 10^4\ \text{kg} = 10$ toneladas

12. a

A tração no fio é sempre perpendicular à trajetória $\Rightarrow \tau_T = 0$.

13. a

I. Correta. A força peso é perpendicular ao deslocamento $\tau_P = 0$.

II. Incorreta. A força de atrito é oposta ao deslocamento $\tau_{fa} < 0$.

III. Correta. Para o MRU $F_R = 0 \Rightarrow \tau_{FR} = 0$.

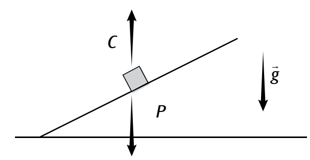
14. A altura máxima atingida pelo projétil no lançamento é dada por:

$$h = \frac{(v_0 \cdot \text{sen } \theta)^2}{2 \cdot g} = \frac{(40 \cdot 0{,}5)^2}{2 \cdot 10} = 20\ \text{m}$$

$|\tau_P| = m \cdot g \cdot h = 0{,}1 \cdot 10 \cdot 20 \Rightarrow |\tau_P| = 20\ \text{J}$

15. a

As duas forças que agem sobre o bloco são: peso e a força de contato aplicada pelo plano, conforme o diagrama:

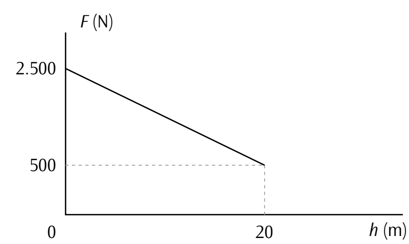


Como $F_R = 0 \Rightarrow \tau_{FR} = 0 \Rightarrow \tau_P + \tau_C = 0 \Rightarrow \tau_C = -\tau_P = -m \cdot g \cdot h$.

Obs.: A força *C* pode ser representada pelos seus componentes *N* (normal) e F_{at} (força de atrito), porém estas não são duas forças e sim os dois componentes da força *C*.

16. e

No MRU $F_R = 0 \Rightarrow F = P$, como o peso do sistema tambor/água diminui linearmente, de 2.500 N a 500 N, durante a subida, o gráfico $F \times d$ é dado por:



O trabalho da força *F* na subida do tambor é dado pela área do trapézio, logo:

$$\tau = \frac{(2.500 + 500) \cdot 20}{2} \Rightarrow \tau = 30.000\ \text{J}$$

17. e

Empregando-se a energia potencial gravitacional para o sistema: $E_P = m \cdot g \cdot h$, em que *h* é a altura que o objeto pode ser levantado. Dessa forma:

$1.509 \cdot 10^3 \cdot 4 = 10 \cdot 10 \cdot h$

$$h = \frac{6.036 \cdot 10^3}{10^2} = 6.036 \cdot 10^1 = 60.360\ m \Rightarrow$$

$h \simeq 60.000\ \text{m} = 60\ \text{km}$

18. V – F – V

I. (V) Autonomia = $16 \cdot 40 = 640$ km

II. (F) $E_{cin.} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{200 \cdot (20)^2}{2} \Rightarrow E_{cin.} = 40.000$ J

III. (V) $v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \Rightarrow$

$\Rightarrow 0 = (10)^2 + 2 \cdot (-2,5) \cdot \Delta s \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta s = 20$ m

19. a

De 20 km/h para 60 km/h, temos:

$$\Delta E_{cin.\,1} = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta E_{cin.\,1} = \frac{m}{2} \cdot (60^2 - 20^2) = 1.600\ m$$

De 60 km/h para 100 km/h, temos:

$$\Delta E_{cin.\,2} = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta E_{cin.\,2} = \frac{m}{2} \cdot (100^2 - 60^2) = 3.200\ m$$

Como o consumo de combustível é proporcional à variação de energia cinética, para a segunda situação o consumo é o dobro da primeira, pois: $\Delta E_{cin.\,2} = 2 \cdot \Delta E_{cin.\,1}$

20. e

$$\tau_R = \Delta E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2} = \frac{2 \cdot 50^2}{2} - \frac{2 \cdot 20^2}{2} \Rightarrow \tau_R = 2.100 \text{ J}$$

21. c

$$\Delta E_{cin.} = \tau_{F_R} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{800 \cdot 20^2}{2} = 160 \text{ kJ}$$

22. a

No deslocamento de 3 m: $\tau_R = 0$ (força perpendicular ao deslocamento), portanto, no deslocamento total: $\tau_R = -100$ J.

$\tau_R = \Delta E_c \Rightarrow -100 = E_{cf} - 250 \Rightarrow E_{cf} = 150$ J

23. a) $\Delta E_{cin.} = E_{cin.\,final} - E_{cin.\,inicial} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta E_{cin.} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot [(v_{final})^2 - (v_{inicial})^2] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta E_{cin.} = \frac{1}{2} \cdot 4,0 \cdot [(2,5)^2 - (5,0)^2] \Rightarrow \Delta E_{cin.} = 37,5 \text{ J}$$

b) $\tau_R = \Delta E_{cin.} \Rightarrow F \cdot d \cdot \cos 180° = \Delta E_{cin.} \Rightarrow$

$\Rightarrow 4 \cdot d \cdot (-1) = -37,5 \Rightarrow d = 9,375$ m

24. b

$$\tau = \Delta E_{cin.} \Rightarrow 1 = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow 2 = 0,2 \cdot v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2}{0,2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{10} \text{ m/s}$$

25. a) $F = m \cdot a \Rightarrow F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Em módulo: $F = 70 \cdot \frac{20}{0,1} \Rightarrow F = 14.000$ N

b) $E = m \cdot g \cdot h \Rightarrow 12.000 = 60 \cdot 10 \cdot h \Rightarrow h = 20$ m

26. c

Como o corpo desce com velocidade constante, o trabalho da força peso é, em módulo, igual ao trabalho da força de atrito, e o trabalho total é nulo.

27. b

Velocidade constante: $F_R = 0$. Logo:

$F_s = P = m \cdot g$

Sendo $m = 2,0$ kg, $g = 10$ m/s^2 e $h = 10$ m, temos:

$\tau_s = F_s \cdot h \cdot \cos 180° \Rightarrow \tau_s = -m \cdot g \cdot h \Rightarrow$

$\Rightarrow \tau_s = -2 \cdot 10 \cdot 10 \Rightarrow \tau_s = -200$ J

28. a) A variação da energia cinética é:

$$\Delta E_C = E_{Cf} - E_{Ci} = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta E_C = \frac{1,2 \cdot 10^3 \cdot 25^2}{2} - \frac{1,2 \cdot 10^3 \cdot 5^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta E_C = 3,6 \cdot 10^5 \text{ J}$$

b) Pelo teorema da energia cinética, como a velocidade permaneceu constante entre 0 e 7 s, então, o trabalho resultante neste trecho será nulo.

Já no trecho entre 7 e 12 s, o trabalho resultante será igual à variação de energia cinética calculada no item *a*, ou seja, $\tau_R = 3,6 \cdot 10^5$ J

29. b

Neste movimento: $f_{at} = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g = 0,5 \cdot 12 \cdot 10 = 60$ N.

$\tau_{fat} = f_{at} \cdot d \cdot \cos 180° = 60 \cdot 5,0 \cdot (-1) = -300$ J. $|\tau_{fat}| = 300$ J

$$\tau_{fat} = \Delta E_c \Rightarrow -300 = \frac{12 \cdot v^2}{2} - \frac{12 \cdot 10^2}{2} \Rightarrow$$

$\Rightarrow -300 = 6 \cdot v^2 - 600 \Rightarrow$

$\Rightarrow v^2 = 50 \Rightarrow v = 5 \cdot \sqrt{2}$ m/s

30. d

Do gráfico: $\tau_R = \frac{4,0 \cdot 10}{2} = 20$ J

$\tau_R = \Delta E_C$

$$20 = \frac{5,0 \cdot v^2}{2} - \frac{5,0 \cdot 0^2}{2} \Rightarrow$$

$v^2 = 8,0 \Rightarrow v = 2\sqrt{2}$ m/s

31. V – F – V – F

I. (V) Entre 20 s e 40 s, a velocidade escalar do corpo diminui.

II. (F) Entre 0 e 10 s: $F_1 = 7 \cdot \frac{140}{10} = 98$ N e entre 20 s e 40 s: $F_2 = 7 \cdot \frac{140}{20} = 49$ N.

III. (V) Durante todo o intervalo de tempo a velocidade escalar é positiva.

IV. (F) $\tau_{F1} = F_1 \cdot \Delta s \cdot \cos 0° = 98 \cdot \frac{140 \cdot 10}{2} \Rightarrow \tau_{F1} = 68.600$ J

32. c

Calculando a variação da energia cinética em cada caso.

1. Na aceleração de v para $2v$:

$$\Delta E_{c1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (2v)^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Rightarrow \Delta E_{c1} = \frac{3}{2} \cdot m \cdot v^2$$

2. Na aceleração de $2v$ para $4v$:

$$\Delta E_{c2} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (4v)^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot (2v)^2 \Rightarrow \Delta E_{c2} = \frac{12}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Assim:

$\Delta E_{c2} = 4 \cdot \Delta E_{c1}$

como o consumo é proporcional à variação da energia cinética será 4ϕ.

■ CAPÍTULO 2

ENERGIA E POTÊNCIA MECÂNICA

Conexões

1. No começo do século XX, o Instituto Alemão de Normatização (DIN, na sigla em alemão), definiu o *horse power* com um método um pouco diferente do proposto por Watt. Usando as medidas do sistema métrico, os alemães estabeleceram um modelo no qual o *horse power* é a força necessária para levantar a massa de 75 kg contra a força gravitacional a uma altura de um metro por um segundo. Segundo esse cálculo, o *horse power* métrico ou *pferdestärke* (PS), na tradução para o alemão, equivale a 735,5 W (0,735 kW) ou 98,6% do hp imperial.

2. Resposta pessoal.

Complementares

9. a

A transformação de energia obedece a esta sequência:

energia resultante do processo químico $\rightarrow$ energia potencial gravitacional $\rightarrow$ energia cinética

10. d

Por ser um sistema sem dissipação, a energia é conservada, ou seja:

$$E_{\text{Minicial}} = E_{\text{Mfinal}} \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{8^2}{2} = 10 \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \frac{8^2}{2} \Rightarrow h = 1{,}6 \text{ m}$$

11. a) Imediatamente antes do primeiro choque, tem-se que:

$E_{mA} = E_{mB} \Rightarrow E_{PA} = E_{CB}$

$E_{CB} = 1 \cdot 10 \cdot 0{,}5 \Rightarrow E_{CB} = 5 \text{ J}$

Após o primeiro choque, se perde 60% de sua energia, ou seja:

$$E'_{CB} = 0{,}40 \cdot E_{CB} \Rightarrow E'_{CB} = 0{,}40 \cdot 5 \Rightarrow E'_{CB} = 2 \text{ J}$$

b) Quando a massa atinge o solo pela segunda vez:

$$E''_{CB} = E'_{CB} \Rightarrow \frac{m \cdot v_F^2}{2} = 2 \Rightarrow v_F = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 1} \Rightarrow v_F = 2 \text{ m/s}$$

12. c

No ponto 2, a velocidade mínima é:

$v_{\text{mín.}} = \sqrt{R \cdot g} \Rightarrow v_{\text{mín.}} = \sqrt{24 \cdot 10} \Rightarrow$

$\Rightarrow v_{\text{mín.}} = 15{,}5 \text{ m/s}$

Como o sistema é conservativo, temos:

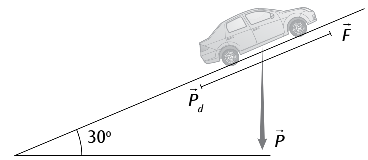
$$E_{\text{mec. 1}} = E_{\text{mec. 2}} \Rightarrow m \cdot g \cdot h_1 = m \cdot g \cdot h_2 + \frac{m \cdot v^2_{\text{mín.}}}{2}$$

Simplificando e substituindo os valores, obtemos:

$$10 \cdot h = 10 \cdot 48 + \frac{240}{2} \Rightarrow h = 60 \text{ m}$$

21. d

A força desenvolvida pelo veículo tem o mesmo módulo da projeção da força peso na direção do deslocamento. Como a velocidade de subida é constante, temos:



$F = P_d \Rightarrow F = P \cdot \text{sen } 30°$

A potência pode ser encontrada por:

$\mathcal{P} = F \cdot v \Rightarrow \mathcal{P} = m \cdot g \cdot \text{sen } 30° \cdot v$

$$\mathcal{P} = 1.200 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{60}{3{,}6} = 100.000 \text{ W ou } \mathcal{P} = 100 \text{ kW}$$

22. e

A fração de energia recebida é obtida dividindo-se a energia elétrica produzida pela radiação solar.

$$\frac{500.000 \text{ MW}}{200.000.000.000 \text{ MW}} = \frac{5 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^{11}} = 2{,}5 \cdot 10^{-6}$$

23. d

Por uma regra de três simples:

120 m^3 ——— x

1 m^3 ——— 1.000 kg

$x = 120.000$ kg

O peso relativo a essa quantidade de massa de água é:

$P = m \cdot g = 120.000 \cdot 10 = 1.200.000$ N

Assim, a potência é dada por:

$$\mathcal{P} = \frac{\mathcal{T}}{\Delta t} \Rightarrow \mathcal{P} = \frac{P \cdot h}{\Delta t} \Rightarrow \mathcal{P} = \frac{1.200.000 \cdot 15}{60 \text{ s}} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \mathcal{P} = 300.000 \text{ W ou } \mathcal{P} = 300 \text{ kW}$

24. c

De acordo com o gráfico, temos as seguintes eficiências: lenha (29%); carvão (30%); querosene (50%); gás (58%); eletricidade (63%).

Comparando-se as eficiências, constatamos que o fogão a gás possui uma eficiência que é o dobro da eficiência do fogão a lenha.

Tarefa proposta

1. c

$E_{\text{pot.}} = m \cdot g \cdot h \Rightarrow 300 = m \cdot 10 \cdot 30 \Rightarrow m = 1 \text{ kg}$

$E_{\text{mec. final}} = E_{\text{mec. inicial}} \Rightarrow E_{\text{cin. final}} + E_{\text{pot. final}} = E_{\text{pot. inicial}}$

$E_{\text{cin. final}} = 300 - m \cdot g \cdot h_i = 300 - 1 \cdot 10 \cdot 10 = 200 \text{ J}$

2. b

Desprezando atritos, temos um sistema conservativo. Portanto:

$E_{\text{pot. elást.}} = \Delta E_{\text{pot. grav.}} \Rightarrow E_{\text{pot. elást.}} = m \cdot g \cdot \Delta h \Rightarrow$

$\Rightarrow E_{\text{pot. elást.}} = 600 \cdot 40 \Rightarrow E_{\text{pot. elást.}} = 24.000 \text{ J}$

3. c

Tomando como nível de referência a cabeça do macaco:

$E_{\text{Minicial}} = m \cdot g \cdot h = 0{,}2 \cdot 10 \cdot 4{,}5 \Rightarrow E_{\text{Minicial}} = 9 \text{ J}$

$E_{\text{Mfinal}} = 7 \text{ J}$

$E_{\text{Mdissipada}} = 9 - 7 \Rightarrow E_{\text{Mdissipada}} = 2 \text{ J}$

4. c

Tomando o solo como nível de referência:

$E_{\text{Minicial}} = m \cdot g \cdot h + \dfrac{m \cdot v_F^2}{2} = 0{,}4 \cdot 10 \cdot 20 + \dfrac{0{,}4 \cdot 6^2}{2} = 87{,}2\ \text{J}$

$E_{\text{Mfinal}} = m \cdot g \cdot h' = 0{,}4 \cdot 10 \cdot 0{,}9 \cdot 20 = 72\ \text{J}$

$E_{\text{Mdissipada}} = 87{,}2 - 72 = 15{,}2\ \text{J}$

5. b

$\tau = E_{\text{mec. f}} - E_{\text{mec. i}}$

$\tau_{F_a} = E_{\text{cin. f}} - (E_{\text{cin. i}} + E_{\text{pot. i}}) = 10 - (5 + m \cdot g \cdot h) =$

$= 10 - (5 + 0{,}2 \cdot 10 \cdot 4) = -3\ \text{J}$

6. a) $m = 60$ kg

$H = 53$ m

$h = 2$ m

$H' = 43$ m

$E_{\text{mec. 0}} = m \cdot g \cdot H = 60 \cdot 10 \cdot 53$

$E_{\text{mec. 0}} = 31.800\ \text{J} \Rightarrow$

$\Rightarrow E_{\text{mec.}} = m \cdot g \cdot H' = 60 \cdot 10 \cdot 43 \Rightarrow$

$\Rightarrow E_{\text{mec.}} = 25.800\ \text{J}$

Portanto, na primeira metade da oscilação, houve perda de:

$E_{\text{dissip.}} = 6.000\ \text{J}$ ou $6 \cdot 10^3$ J

b) O grupo de três pessoas passaria em B com velocidade igual à da pessoa sozinha.

Considerando o ponto inicial A (altura de 53 m em relação ao solo) e o ponto B (mais próximo do solo, à altura de 2 m), e sendo desprezível todo tipo de atrito envolvido no movimento, não existe variação de energia mecânica:

$E_{\text{mec. }A} = E_{\text{mec. }B} \Rightarrow M \cdot g \cdot h_A = M \cdot \dfrac{v_B^2}{2} + M \cdot g \cdot h_B \Rightarrow$

$\Rightarrow M \cdot g \cdot (h_A - h_B) = M \cdot \dfrac{v_B^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow 2 \cdot g \cdot (h_A - h_B) = v_B^2 \Rightarrow 2 \cdot 10 \cdot (53 - 2) = v_B^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow v_B \simeq 32$ m/s

A velocidade independe da massa, portanto o grupo de três pessoas passaria por B com velocidade igual à da pessoa sozinha.

7. a

Para um referencial em B:

$E_{\text{mec. }A} = m \cdot g \cdot h \Rightarrow E_{\text{mec. }A} = 2 \cdot 10 \cdot 5 \Rightarrow E_{\text{mec. }A} = 100\ \text{J}$

$E_{\text{mec. }B} = \dfrac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2 \Rightarrow E_{\text{mec. }B} = \dfrac{1}{\cancel{2}} \cdot \cancel{2} \cdot (8)^2 \Rightarrow E_{\text{mec. }B} = 64\ \text{J}$

Portanto, o módulo da variação da energia mecânica vale:

$\Delta E_{\text{mec.}} = |\, E_{\text{mec. }B} - E_{\text{mec. }A} | \Rightarrow \Delta E_{\text{mec.}} = |\, 64 - 100\, | \Rightarrow \Delta E_{\text{mec.}} = 36\ \text{J}$

8. d

$h = 2$ m; $h' = 1{,}5$ m

$E_{\text{mec.0}} = m \cdot g \cdot h \Rightarrow E_{\text{mec.0}} = 2 \cdot m \cdot g$

$E_{\text{mec.}} = m \cdot g \cdot h' \Rightarrow E_{\text{mec.}} = 1{,}5 \cdot m \cdot g$

$\dfrac{E_{\text{mec.}}}{E_{\text{mec.0}}} = \dfrac{1{,}5 \cdot m \cdot g}{2{,}0 \cdot m \cdot g} = 0{,}75$ ou 75%

Portanto, houve uma perda por dissipação de 25%.

9. b

A velocidade será máxima quando a energia potencial elástica for mínima, ou seja, para $x = 0$. Assim:

$E_{\text{Cmáx.}} = E_{\text{Pel.max.}} \Rightarrow \dfrac{m \cdot v_{\text{máx}}^2}{2} = \dfrac{k \cdot x_{\text{máx}}^2}{2} \Rightarrow$

$0{,}5 \cdot v_{\text{máx.}}^2 = 50 \cdot (0{,}1)^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow v^2 = 1{,}0 \Rightarrow v = 1{,}0$ m/s

10. a

Aplicando a conservação da energia mecânica:

$E_{Mi} = E_{Mf} \Rightarrow E_{Ci} + E_{Pi} = E_{Cf} + E_{Pf} \Rightarrow$

$\dfrac{m \cdot (0)^2}{2} + m \cdot 10 \cdot 3{,}2 = \dfrac{m \cdot (0)^2}{2} + m \cdot 10 \cdot 0 \Rightarrow v = 8$ m/s

11. b

Como o sistema é conservativo, a velocidade com que cada paraquedista chega ao solo não depende da massa, mas somente da aceleração da gravidade e da altura de queda. Portanto, ambos chegam ao solo com a mesma velocidade.

12. F – V – F – V

I. (F) Desprezando o atrito, a velocidade final não depende da massa.

II. (V) $E_{\text{cin.}} = E_{\text{pot.}} \Rightarrow E_{\text{cin.}} = m \cdot g \cdot h$

III. (F) $h = \dfrac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\dfrac{2h}{a}}$

IV. (V) Sistema conservativo.

13. a

De acordo com a conservação da energia mecânica:

$E_{\text{mec. }A} = E_{\text{mec. }B} \Rightarrow m \cdot g \cdot h_A = m \cdot g \cdot h_B + \dfrac{m \cdot v_B^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow v_B^2 = 2g \cdot (h_A - h_B) \Rightarrow$

$\Rightarrow v_B^2 = 2 \cdot 10 \cdot (1{,}6 - 1) \Rightarrow v_B = \sqrt{12} \Rightarrow v_B = 2\sqrt{3}$ m/s

14. a

$v_{B_{\text{mín.}}} = \sqrt{R \cdot g}$

$E_{\text{mec. }A} = E_{\text{mec. }B} \Rightarrow E_{\text{pot. }A} = E_{\text{cin. }B} + E_{\text{pot. }B} \Rightarrow$

$\Rightarrow m \cdot g \cdot h_A = \dfrac{m \cdot v_B^2}{2} + m \cdot g \cdot h_B$

$g \cdot h_A = \dfrac{(\sqrt{R \cdot g})^2}{2} + g \cdot 2R = 0{,}5R \cdot g + 2g \cdot R =$

$= 2{,}5\, g \cdot R \Rightarrow h_A = 2{,}5R \Rightarrow$

$\Rightarrow h = h_A - h_B = 2{,}5R - 2R = 0{,}5R$

15. b

No ponto P, temos:

$E_{\text{mec. }P} = E_{\text{pot.}} = m \cdot g \cdot H \Rightarrow E_{\text{mec. }P} = 3 \cdot m \cdot g \cdot h$

No ponto Q, temos:

$E_{\text{mec. }Q} = E_{\text{cin.}} + E_{\text{pot.}} \Rightarrow E_{\text{mec. }Q} = \dfrac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\sqrt{2 \cdot g \cdot h}\right)^2 + m \cdot g \cdot h \Rightarrow$

$\Rightarrow E_{\text{mec. }Q} = m \cdot g \cdot h + m \cdot g \cdot h \Rightarrow E_{\text{mec. }Q} = 2 \cdot m \cdot g \cdot h$

Portanto, a energia dissipada é:

$E_d = E_{\text{mec. }Q} - E_{\text{mec. }P} \Rightarrow E_d = 2 \cdot m \cdot g \cdot h - 3 \cdot m \cdot g \cdot h \Rightarrow$

$\Rightarrow E_d = -m \cdot g \cdot h$. Em módulo: $E_d = m \cdot g \cdot h$

16. e

Como nos últimos 100 m de queda a velocidade da gota é constante, sua energia cinética também é constante, assim a energia mecânica dissipada corresponde à perda da energia potencial gravitacional da gota nesses 100 m.

Logo: $E_{Mdiss} = m \cdot g \cdot \Delta h$, em que $\Delta h = 100$ m $\Rightarrow$

$\Rightarrow E_{Mdiss} = 2{,}0 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 100 \Rightarrow$

$E_{Mdiss} = 2{,}0 \cdot 10^{-2}$ J $= 0{,}02$ J

17. Soma = 18 (02 + 16)

(01) (F) Como A e B estão a mesma altura e há atrito entre o corpo e a superfície, a dissipação de energia impede que o corpo atinja o ponto B, parando um pouco abaixo.

(02) (V) A força de atrito realiza trabalho negativo (resistente) e com isso promove a transformação da energia mecânica em outras formas de energia, principalmente a térmica.

(04) (F) A força normal, perpendicular ao deslocamento, não realiza trabalho.

(08) (F) Com a variação da altura ocupada pelo bloco, a energia potencial gravitacional sofre variação durante o movimento.

(16) (V) Com a dissipação de energia por atrito, a energia cinética sofre variação durante o movimento.

(32) (F) A aplicação de forças constantes não permite garantir a descida com velocidade constante, tudo depende dos valores destas forças, podendo o corpo descer acelerado, retardado ou com velocidade constante. Como nesse caso tratamos de uma rampa, sabemos que a componente da força peso muda com a inclinação do plano, não podendo produzir velocidade constante.

(64) (F) Toda aplicação de um conjunto de forças pode ser descrita por $R = m \cdot a$, sendo a resultante a soma de forças conservativas e/ou dissipativas.

18. d

Como E_M = constante $\Rightarrow \Delta E_C = -\Delta E_P = -(6 - 18) = 12$ J

19. d

$$P_B = (m_A + m_B) \cdot a \Rightarrow m \cdot g = (M + m) \cdot a \Rightarrow a = \frac{m \cdot g}{(M + m)}$$

Se B percorre h, A também o faz, portanto:

$$v_A^2 = v_{0A}^2 + 2a \cdot \Delta s \Rightarrow v_A^2 = 0 + 2\left(\frac{m \cdot g}{m + M}\right) \cdot h \Rightarrow$$

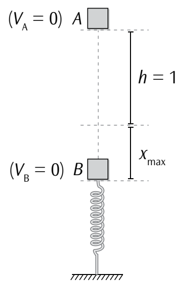
$$\Rightarrow v_A^2 = \frac{2m \cdot g \cdot h}{(m + M)}$$

Assim, a energia cinética de A será dada por: $E_{cin.\,A} = \dfrac{M \cdot v_A^2}{2}$

$$E_{cin.\,A} = \frac{M \cdot 2m \cdot g \cdot h}{2(m + M)} \Rightarrow E_{cin.} = \frac{g \cdot M \cdot m \cdot h}{m + M}$$

20. e

Pode-se analisar a situação descrita por meio do seguinte esquema:



Desprezando-se o efeito do ar e a perda de energia mecânica na colisão entre o bloco e a mola (e adotando o referencial em B), tem-se que:

$$E_A = E_B \Rightarrow \frac{k \cdot x_{máx}^2}{2} = m \cdot g \cdot (h + x_{max}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{19{,}6 \cdot x_{máx}^2}{2} = 0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot (1{,}20 + x_{máx}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_{máx}^2 - 0{,}20 \cdot x_{máx} - 0{,}24 = 0$$

Resolvendo esta equação e desprezando o respectivo valor negativo para $x_{máx}$, obtém-se:

$x_{máx} = 0{,}60$ m

21. c

A potência é definida como a quantidade de energia por intervalo de tempo, assim para que a potência seja alta, o material deve fornecer muita energia em um intervalo de tempo pequeno.

a) (F) O material deve fornecer a maior energia no menor intervalo de tempo possível;

b) (F) O forno não pode perder calor e sim ganhar;

d) (F) Para que o forno funcione é necessário que ocorra a transferência de energia do Sol para o forno;

e) (F) Ver alternativa a.

22. Nas condições descritas, a potência útil é dada por:

$\mathcal{P} = F \cdot v = 2{,}0 \cdot 10^5 \cdot 2{,}0 = 4{,}0 \cdot 10^5$ W $= 400$ kW

23. c

$$\mathcal{P}_{min} = \frac{\mathcal{T}_{min}}{\Delta t} = \frac{P \cdot h \cdot \cos 0°}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathcal{P}_{min} = \frac{5 \cdot 10^4 \cdot 0{,}8 \cdot 1}{40} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathcal{P}_{min} = 1.000 \text{ W}$$

24. c

O trabalho é dado por: $\delta = P \cdot H$, logo: $\delta_1 = \delta_2 = \delta$

A potência é dada por:

$$W = \frac{\delta}{\Delta t} \Rightarrow \delta = W \cdot \Delta t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \delta = W_1 \cdot 20 \text{ e } \delta = W_2 \cdot 30 \Rightarrow$$

$$W_1 \cdot 20 = W_2 \cdot 30 \Rightarrow W_1 \cdot 2 = W_2 \cdot 3$$

25. d

Como $m_1 = 2 \cdot m_2$, então: $\mathcal{T}_1 = 2 \cdot \mathcal{T}_2$

$$\mathcal{P}_2 = \frac{\mathcal{T}_2}{\Delta t} \text{ e } \mathcal{P}_1 = \frac{\mathcal{T}_1}{2\Delta t} = \frac{2\mathcal{T}_2}{2\Delta t} = \frac{\mathcal{T}_2}{\Delta t} = \mathcal{P}_2 \Rightarrow \mathcal{P}_1 = \mathcal{P}_2$$

Assim: $\dfrac{\mathcal{P}_1}{\mathcal{P}_2} = 1$

26. a

$H_1 = H_2 = H$ e $\Delta t_1 = \Delta t_2$

Logo: $W = m \cdot g \cdot H \Rightarrow W_1 = W_2$

$$\mathcal{P} = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow \mathcal{P}_1 = \mathcal{P}_2$$

27. a

Cálculo da potência total:

E = energia fornecida pela queima do álcool num

$\Delta t = 1$ h = 3.600 s:

$E = 0{,}9 \cdot 3 \cdot 10^7 = 2{,}7 \cdot 10^7$ J

$$P_{\text{total}} = \frac{E}{\Delta t} = \frac{2{,}7 \cdot 10^7}{3.600} \Rightarrow P_{\text{total}} = 7{,}5 \cdot 10^3 \text{ W}$$

Determinando o rendimento:

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}} = \frac{3{,}0 \cdot 10^3}{7{,}5 \cdot 10^3} \Rightarrow \eta = 0{,}4 = 40\%$$

28. b

$\mathcal{T} = F \cdot \Delta r \cdot \cos 0° = 700 \cdot 10 \cdot 1 = 7.000$ J

$$\mathcal{P} = \frac{\mathcal{T}}{\Delta t} = \frac{7.000}{70} = 100 \text{ W}$$

29. c

De acordo com o gráfico, entre 10 m/s (36 km/h) e 15 m/s (54 km/h), tem-se a potência máxima, ou seja, o melhor desempenho da usina.

30. Pela densidade, como 1.000 L = 1 m^3; a massa da água elevada é de 1.000 kg.

Calculando o trabalho necessário para elevar a água:

$\mathcal{T} = m \cdot g \cdot h \Rightarrow \mathcal{T} = 1.000 \cdot 10 \cdot 5 \Rightarrow \mathcal{T} = 50$ kJ

Potência útil desenvolvida necessária:

$$P = \frac{\mathcal{T}}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{50 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^2} \Rightarrow P = 500 \text{ W}$$

Considerando o rendimento de 50%, P_r é dada por:

$P_r = 2 \cdot P = 2 \cdot 500 = 1.000 \text{ W} \Rightarrow P_r = 1$ kW

31. e

$m = 1.500 \text{ kg} \Rightarrow \mathcal{T}_C = 7{,}5 \cdot 10^6 \text{ J} \Rightarrow h = 100$ m

$\mathcal{T}_F = 1.500 \cdot 10 \cdot 100 \Rightarrow \mathcal{T}_F = 1{,}5 \cdot 10^6$ J

$$\text{Assim: } \eta = \frac{\mathcal{T}_F}{\mathcal{T}_C} = \frac{1{,}5 \cdot 10^6}{7{,}5 \cdot 10^6} = 0{,}2 \text{ ou } 20\%$$

32. b

A energia disponível para transformação em energia elétrica é a energia cinética do ar:

$$P_{\text{disponível}} = \frac{E_C}{\Delta t} = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot \Delta t}$$

A massa de ar que passa pelas hélices em 1 s é dada por: $m = d_{ar} \cdot V$

Em que: $V = \pi r^2 \cdot h$, e ainda: $h = 10$ m (deslocamento da coluna de ar em 1 s).

Então:

$m = d_{ar} \cdot \pi r^2 \cdot h = 1{,}2 \cdot 3 \cdot 2^2 \cdot 10 = 144$ kg

Logo:

$$P_{\text{disponível}} = \frac{144 \cdot 10^2}{2} = 7.200 \text{ W} = 7{,}2 \text{ kW}$$

■ CAPÍTULO 3
DINÂMICA IMPULSIVA

Conexões

1. De acordo com a definição de Descartes de quantidade de movimento, não é válida a conservação de movimento para sistemas isolados, apenas para a quantidade de movimento total do Universo.

2. Resposta pessoal.

Complementares

9. b

$$\frac{E_{\text{cin.}}}{Q} = \frac{100}{40} \Rightarrow \frac{\frac{m \cdot v^2}{2}}{m \cdot v} = 2{,}5 = \frac{v}{2} \Rightarrow v = 5 \text{ m/s}$$

$Q = m \cdot v$

Portanto: $40 = m \cdot 5 \Rightarrow m = 8$ kg

10. Como os objetos têm a mesma velocidade inicial e irão parar, ambos apresentam variação de velocidade idêntica.

Dessa maneira, para o corpo 1, pelo teorema do impulso:

$I = \Delta Q \Rightarrow F_1 \cdot \Delta t_1 = M_1 \cdot \Delta v \Rightarrow$

$$\Rightarrow 10 \cdot 20 = M_1 \cdot \Delta v \Rightarrow \Delta v = \frac{200}{M_1}$$

Fazendo o mesmo para o corpo 2:

$I = \Delta Q \Rightarrow F_2 \cdot \Delta t_2 = M_2 \cdot \Delta v \Rightarrow$

$$\Rightarrow 20 \cdot 20 = M_2 \cdot \Delta v \Rightarrow \Delta v = \frac{400}{M_2}$$

Portanto,

$$\frac{200}{M_1} = \frac{400}{M_2} \Rightarrow \frac{M_1}{M_2} = \frac{200}{400} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{M_1}{M_2} = \frac{1}{2}$$

11. V – V – F

I. (V) Os motoristas (robôs) possuem a mesma massa e a mesma velocidade inicial. Então, até a imobilização total, os dois sofrem a mesma variação de velocidade e a mesma variação na quantidade de movimento linear.

II. (V) Como o impulso é igual à variação da quantidade de movimento linear, ele apresenta o mesmo módulo nos dois casos.

IV. (F) A intensidade da força média exercida sobre o motorista com *air bag* é menor, pois o intervalo de tempo é maior.

12. a) O impulso da força exercida pela cabeça do policial na bola é igual à variação da quantidade de movimento da bola:

$I_R = m \cdot v - (-m \cdot v_0) \Rightarrow I_R = 0{,}4 \cdot (7 + 8) \Rightarrow I_R = 6{,}0 \text{ N} \cdot \text{s}$

b) Sim. Como a bola e a cabeça do policial trocaram forças durante determinado intervalo de tempo, ocorreu transferência de quantidade de movimento da bola para o policial durante o choque.

21. $|Q_f| = |Q_i| = 0 \Rightarrow m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2 \cdot 5 = -4 \cdot v_2 \Rightarrow v_2 = -2{,}5$ m/s

O segundo fragmento adquire velocidade de 2,5 m/s na horizontal e para a esquerda.

22. b

No choque inelástico, a quantidade de movimento do sistema se conserva:

$$\vec{Q}_{\text{antes}} = \vec{Q}_{\text{após}} \Rightarrow m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = (m_A + m_B) \cdot v_{AB} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M \cdot v_{0A} + 0 = (M + 3 \cdot M) \cdot v_{AB} \Rightarrow v_{AB} = \frac{v_{0A}}{4}$$

A energia cinética total (dos dois vagões) antes do choque é:

$$E_{\text{cin. (antes)}} = \frac{m_A \cdot v_{0A}^2}{2} \Rightarrow E_{\text{cin. (antes)}} = \frac{M \cdot v_{0A}^2}{2}$$

A energia cinética total (dos dois vagões) após o choque é:

$$E_{\text{cin. (após)}} = \frac{(m_A + m_B) \cdot v_{AB}^2}{2} \Rightarrow E_{\text{cin. (após)}} = \frac{4 \cdot M \cdot v_{0A}^2}{2 \cdot 16} = \frac{M \cdot v_{0A}^2}{8}$$

Portanto, a energia cinética dissipada na colisão é:

$$E_d = E_{\text{cin. (antes)}} - E_{\text{cin. (após)}} \Rightarrow E_d = \frac{M \cdot v_{0A}^2}{2} - \frac{M \cdot v_{0A}^2}{8} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_d = \frac{3 \cdot M \cdot v_{0A}^2}{8}$$

23. a

Antes da colisão, a quantidade de movimento P da bola B é nula, já que a mesma está em repouso. No instante de contato, há conservação da quantidade de movimento no sistema, de modo que a bola B passa a ter a mesma quantidade de movimento da bola A antes da colisão, ou seja, $P = 2$ kg · m/s.

24. c

Sendo o choque perfeitamente elástico entre as esferas de mesma massa, elas trocam de velocidade. No choque entre a quarta esfera e as esferas menores, como a esfera maior tem massa de 150 g (o triplo da massa de uma esfera pequena), ela moverá somente três esferas menores com massa de 50 g cada uma.

Tarefa proposta

1. c

Calculando a quantidade de movimento e a energia cinética no início:

$Q = m \cdot v$

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Calculando para a nova velocidade:

$Q' = m \cdot 2 \cdot v = 2 \cdot m \cdot v = 2 \cdot Q$

$$E' = \frac{m \cdot (2 \cdot v)^2}{2} = 4 \cdot \frac{m \cdot v^2}{2} = 4 \cdot E$$

2. b

Calculando o módulo do vetor variação de velocidade do corpo (Δv):

$\Delta v^2 = 6{,}0^2 + 8{,}0^2 = 100 \Rightarrow \Delta v = 10$ m/s

Portanto, a quantidade de movimento resultante pode ser dada por:

$Q = m \cdot \Delta v \Rightarrow Q = 2{,}0 \cdot 10 \Rightarrow Q = 20$ kg · m/s

3. a

$Q = m \cdot v \Rightarrow 2{,}0 \cdot 10^4 = m \cdot 25 \Rightarrow m = 800$ kg

$$E_{\text{cin.}} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{800 \cdot 25^2}{2} = 2{,}5 \cdot 10^5 \text{ J}$$

4. a) O movimento do menino em relação ao *skate* é um lançamento vertical para cima com tempo de subida = 0,5 s e tempo de descida = 0,5 s. Assim, na vertical:

$v = v_0 + g \cdot t \Rightarrow 0 = v_0 - 10 \cdot 0{,}5 \Rightarrow v_0 = 5{,}0$ m/s

$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$; no ponto de altura máxima:

$v = 0$ e $\Delta s = h$, com $a = -g = -10$ m/s^2:

$0 = 5{,}0^2 + 2 \cdot (-10) \cdot h \Rightarrow h = 1{,}25$ m

b) No ponto mais alto do salto, a velocidade do menino é a velocidade horizontal $v = 3{,}0$ m/s:

$Q = m \cdot v = 40 \cdot 3{,}0 \Rightarrow Q = 120$ kg · m/s

5. $m = 20$ g

$I = \Delta Q$

Sendo $v_0 = 0$:

$I = m \cdot v \Rightarrow$

$\Rightarrow I = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 49{,}7 \Rightarrow I \simeq 1$ kg · m/s ou $I \simeq 1$ N · s

6. b

Pelo teorema do impulso:

$I = \Delta Q \Rightarrow |I| = m \cdot |\Delta v| \Rightarrow$

$$\Rightarrow |I| = 800 \cdot \left| 0 - \left(\frac{64}{3{,}6} \text{m/s} \right) \right| \Rightarrow |I| \simeq 1{,}4 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{s}$$

7. d

Nas condições descritas:

$F_R = P \Rightarrow I = \Delta Q \Rightarrow |I| = m \cdot |\Delta v| = m \cdot v_0 = 2{,}0 \cdot 20 \Rightarrow$

$I_P = 40$ N · s

8. e

$$I \overset{N}{=} \text{área} = F \cdot \Delta t \Rightarrow \frac{(25 + 10) \cdot 30}{2} = F \cdot 25 \Rightarrow F = 21 \text{ N}$$

9. b

$I \overset{N}{=}$ área $= \Delta Q = m \cdot v - m \cdot v_0 \Rightarrow$

$$\frac{100 \cdot 0{,}2}{2} = 2{,}5 \cdot v \Rightarrow v = 4{,}0 \text{ m/s}$$

10. b

$$\vec{I}_R = \Delta\vec{Q} = \vec{Q}_{\text{final}} - \vec{Q}_{\text{inicial}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F \cdot \Delta t = 2 \cdot m \cdot v \Rightarrow F = \frac{2 \cdot m \cdot v}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F = \frac{2 \cdot 0{,}75 \cdot 10}{0{,}04} \Rightarrow F = 375 \text{ N}$$

11. e

$I_{F_R} = Q_{\text{final}} - Q_{\text{inicial}} = m \cdot v - m \cdot v_0 = 0 - 0{,}4 \cdot 25 = 10$ N · s

$I_{F_R} = F \cdot \Delta t \Rightarrow 10 = F \cdot 0{,}05 \Rightarrow F = 200$ N

12. b

Para a distância horizontal atingida, temos:

$v = \frac{0{,}60}{0{,}40} \Rightarrow v = 1{,}5$ m/s (velocidade horizontal de saída da superfície)

$\therefore Q = m \cdot v = 0{,}10 \cdot 1{,}5 \Rightarrow Q = 0{,}15$ kg · m/s

13. e

$Q_{\text{inicial}} = Q_{\text{final}} \Rightarrow m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' \Rightarrow$

$$\Rightarrow m \cdot v = m \cdot \frac{v}{2} + 2m \cdot v' \Rightarrow m \cdot \frac{v}{2} = 2m \cdot v' \Rightarrow v' = \frac{v}{4}$$

14. d

No choque houve conservação da quantidade de movimento do sistema (bola A e B).

15. b

$$\sum \vec{Q}_{antes} = \sum \vec{Q}_{após} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v' \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 4 \cdot 5 + 2 \cdot (-10) = (4 + 2) \cdot v' \Rightarrow v' = \frac{20 - 20}{6} \Rightarrow v' = 0$$

16. e

$$Q_i = Q_f \Rightarrow m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v_A' + m_B \cdot v_B'$$
$$m \cdot v + 2m \cdot v = 2m \cdot v' \Rightarrow 3m \cdot v = 2m \cdot v' \Rightarrow$$
$$\Rightarrow v' = \frac{3v}{2}$$

17. c

Aplicando a conservação da quantidade de movimento do sistema:

$$Q_{antes}^{sist.} = Q_{depois}^{sist.} \Rightarrow m_A \cdot v_{Ai} + m_N \cdot v_{Ni} = (m_A + m_N) \cdot v \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 23 \cdot 10^{-27} \cdot 0 + 1{,}7 \cdot 10^{-27} \cdot 2.700 = (1{,}7 + 23) \cdot 10^{-27} \cdot v \Rightarrow$$
$$\Rightarrow v = 185{,}83 \text{ m/s} \Rightarrow v \simeq 186 \text{ m/s}$$

18. Soma = 5 (01 + 04)

(01) Correta.

(02) Incorreta. $\Delta\vec{Q} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ (subtração vetorial)

(04) Correta.

(08) Incorreta. Se $F_{R(ext.)} = 0 \Rightarrow \vec{Q}_{sist.} = \text{constante}$

(16) Incorreta. Se $F_{R(ext.)} = 0 \Rightarrow$ o sistema é isolado de forças externas. O impulso de um corpo sobre outro é devido à força interna.

19. d

Entre os instantes, imediatamente anterior e imediatamente posterior à ejeção da partícula, o sistema constituído pelo núcleo instável e a partícula ejetada é mecanicamente isolado, assim:

$$\vec{Q}_{sist.}^{final} = \vec{Q}_{sist.}^{inicial}$$

$m_1 v_1' + m_2 v_2' = m_1' v_1 + m_2 v_2$; em que:

$m_1 = M$: massa do núcleo

$v_1 = 0$: velocidade inicial do núcleo

$m_2 = m$: massa da partícula ejetada

$v_2 = 0$: velocidade inicial da partícula ejetada

$m_1' = M - m$: massa do núcleo alterado

$v_1' = ?$: velocidade final do núcleo alterado

$v_2' = v_0$: velocidade final da partícula ejetada

Logo:

$$(M - m) \cdot v_1' + m \cdot v_0 = 0 \Rightarrow (M - m) \cdot v_1' = -m \cdot v_0 \Rightarrow$$
$$v_1' = -\frac{m}{M - m} \cdot v_0$$

O sinal negativo indica sentido oposto à v_0, em módulo:

$$|v_1'| = \frac{m}{M - m} \cdot v_0$$

20. e

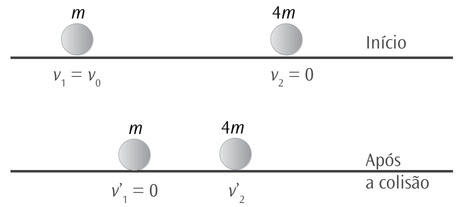
$$Q_0 = Q \Rightarrow m \cdot v = (m + m) \cdot v' \Rightarrow$$
$$\Rightarrow m \cdot v = 2 \cdot m \cdot v' \Rightarrow$$
$$\Rightarrow v = 2 \cdot v' \Rightarrow$$
$$\Rightarrow v = 2 \text{ m/s}$$

21. c

Considerando um sistema isolado:

$$Q_{antes}^{sist.} = Q_{depois}^{sist.} \Rightarrow 4 \cdot 40 + 5 \cdot 0 = (40 + 5) \cdot v \Rightarrow$$
$$\Rightarrow v = 3{,}555 \text{ m/s} \Rightarrow v \simeq 3{,}6 \text{ m/s}$$

22. b



$$Q_0 = Q \Rightarrow \cancel{m} \cdot v_0 = 4\,\cancel{m} \cdot v_2$$
$$v_2' = \frac{v_0}{4}$$
$$E_{cin.\ inicial} = \frac{m \cdot v_0'^2}{2}$$
$$E_{cin.\ final} = \frac{4 \cdot m \cdot v_2'^2}{2} \Rightarrow E_{cin.\ final} = 2 \cdot m \cdot \left(\frac{v_0}{4}\right)^2$$

Assim: $$\frac{E_{cin.\ final}}{E_{cin.\ inicial}} = \frac{\frac{\cancel{m} \cdot \cancel{v_0}^2}{8}}{\frac{\cancel{m} \cdot \cancel{v_0}^2}{2}} = \frac{\frac{1}{8}}{\frac{1}{2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{E_{cin.\ final}}{E_{cin.\ inicial}} = \frac{2}{8} = \frac{1}{4} = 0{,}25$$

23. c

De acordo com as figuras, temos:

$$Q_1^2 = Q_1'^2 + Q_2'^2$$

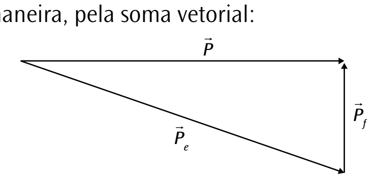
Como as massas são iguais:

$$v_1^2 = (v_1')^2 + (v_2')^2 \Rightarrow (2)^2 = \left(\sqrt{3}\right)^2 + (v_2')^2 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow (v_2')^2 = 4 - 3 \Rightarrow v_2' = 1 \text{ m/s}$$

24. a

A quantidade de movimento inicial do sistema é um vetor horizontal e com sentido para a direita, e como ela é conservada, a quantidade de movimento final também é horizontal para a direita. Sendo assim, a quantidade de movimento final é dada por: $\vec{p} = \vec{p}_e + \vec{p}_f$

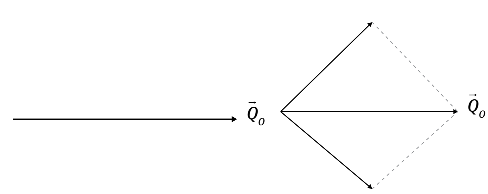
Dessa maneira, pela soma vetorial:



25. e

Considerando as alternativas, podemos concluir que o choque não foi frontal. Sendo assim:

$\vec{Q}_0 = \vec{Q}$ e, vetorialmente, a situação possível está na alternativa *e*.



26. e

Aplicando a conservação da quantidade de movimento:

$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow m_1 \cdot (-2) + m_2 \cdot 4 = m_1 \cdot 3 + m_2 \cdot 1 \Rightarrow$

$\Rightarrow -2 \cdot m_1 - 3 \cdot m_1 = 1 \cdot m_2 - 4 \cdot m_2 \Rightarrow 5 \cdot m_1 = 3 \cdot m_2$

27. a) A perda de energia cinética máxima implica em um choque perfeitamente inelástico.

$v_1^f = v_2^f = v'$

Pela conservação da quantidade de movimento:

$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2) \cdot v' \Rightarrow$

$\Rightarrow 4 \cdot 3 = (4 + 2) \cdot v' \Rightarrow v' = 2$ m/s

b) Energia cinética antes do choque:

$$E_{Cantes} = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{2} = \frac{4 \cdot 3^2}{2} = 18 \text{ J}$$

Energia cinética depois do choque:

$$E_{Cdepois} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v^2}{2} = \frac{6 \cdot 2^2}{2} \Rightarrow E_{Cdepois} = 12 \text{ J}$$

Calculando a variação da energia cinética do sistema:

$\Delta E_C = E_{Cdepois} - E_{Cantes} = 12 - 18 \Rightarrow \Delta E_C = -6$ J

28. a) $\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{após} \Rightarrow m \cdot v = (m + M) \cdot v' \Rightarrow$

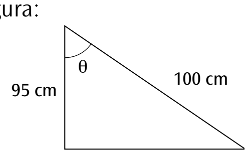
$\Rightarrow 10 \cdot 600 = (10 + 6.000) \cdot v' \Rightarrow v' = 1{,}0$ m/s

b) Após a colisão: $E_{mec.}$ conserva-se.

$$v'^2 \cdot \frac{\cancel{(M + m)}}{2} = \cancel{(M + m)} \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{(1{,}0)^2}{2 \cdot 10} \Rightarrow$$

$\Rightarrow h = 0{,}05$ m ou $h = 5$ cm

Observe a figura:



$T = P \cdot \cos \theta \Rightarrow$

$$\Rightarrow T = 60 \cdot \frac{95}{100} \Rightarrow T = 57 \text{ N}$$

29. d

O tempo para o afastamento da canoa é o mesmo tempo que o estudante se locomove sobre ela. Considerando que as velocidades da canoa e do estudante são constantes: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, para um sistema isolado:

$$Q_{antes}^{sist.} = Q_{depois}^{sist.} \Rightarrow 0 = 70 \cdot \frac{3}{\Delta t} + 100 \cdot \left(\frac{\Delta s_{canoa}}{\Delta t}\right) \Rightarrow$$

$\Rightarrow -70 \cdot 3 = 100 \cdot \Delta s_{canoa} \Rightarrow |\Delta s_{canoa}| = 2{,}1$ m

O sinal negativo para o deslocamento da canoa indica que é oposto ao deslocamento do estudante.

30. V – F – F – V

De acordo com o texto: $Q_1 - Q_2 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 900 \cdot 54 = 1.200 \cdot v_2 \Rightarrow v_2 = 40{,}5$ km/h

Assim, temos:

I. (V)

II. (F) $Q_{antes} = 0$

III. (F) Veja item I.

IV. (V) O choque é inelástico.

31. a) $Q_{inicial} = Q_{final} \Rightarrow m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v_A' + m_B \cdot v_B' \Rightarrow$

$\Rightarrow m_A \cdot 2{,}0 + m_B \cdot 6{,}0 = m_A \cdot 4{,}0 + m_B \cdot 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow m_A \cdot 2{,}0 = m_B \cdot 6{,}0 \Rightarrow m_A = 3{,}0\ m_B$

$$R = \frac{E_A}{E_B} = \frac{\frac{m_A \cdot v_a^2}{2}}{\frac{m_B \cdot v_B^2}{2}} = \frac{3{,}0\ m_B \cdot 2{,}0^2}{m_B \cdot 6{,}0^2} = \frac{12}{36} \Rightarrow R = \frac{1}{3}$$

b) Como $I = F \cdot \Delta t$ e $I = \Delta Q$, temos:

$I = \Delta Q \Rightarrow F \cdot \Delta t = m_A \cdot v_A' - m_A \cdot v_A \Rightarrow$

$$\Rightarrow F \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 2 \cdot 4 - 2 \cdot 2 \Rightarrow F = \frac{4}{2 \cdot 10^{-4}}$$

$\therefore F = 2 \cdot 10^4$ N ou $F = 20.000$ N

32. c

Aplicando a conservação da quantidade de movimento do sistema:

$Q_{antes}^{sist.} = Q_{depois}^{sist.} \Rightarrow m_B \cdot v_{Bi} + m_P \cdot v_{Pi} = m_B \cdot v_{Bf} + m_P \cdot v_{Pf} \Rightarrow$

$\Rightarrow 3 \cdot 2 + 1 \cdot 0 = 3 \cdot v_{Bf} + 1 \cdot v_{Pf} \Rightarrow 3 \cdot v_{Bf} + v_{Pf} = 6$

Pelo coeficiente de restituição, já que o choque foi perfeitamente elástico:

$$E = \frac{v_{Pf} - v_{Bf}}{v_{Bi} - v_{Pi}} = 1 \Rightarrow 1 = \frac{v_{Pf} - v_{Bf}}{2} \Rightarrow v_{Pf} - v_{Bf} = 2$$

Com as duas equações obtidas, resolve-se o sistema:

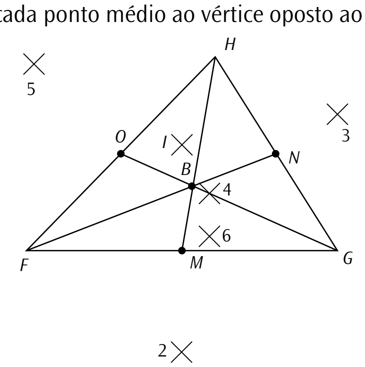
$$\begin{cases} v_{Pf} - v_{Bf} = 2 \\ 3 \cdot v_{Bf} + v_{Pf} = 6 \end{cases} \Rightarrow v_{Bf} = 1 \text{ m/s e } v_{Bf} = 3 \text{ m/s}$$

CAPÍTULO 4

ESTÁTICA

Conexões

1. As medianas de um triângulo são segmentos que unem o ponto médio de um lado ao vértice oposto a este lado. O ponto de encontro das medianas chama-se baricentro. Para determinarmos este ponto notável, localizamos os pontos médios dos lados do triângulo (por meio das mediatrizes desses lados); depois, unimos cada ponto médio ao vértice oposto ao lado.



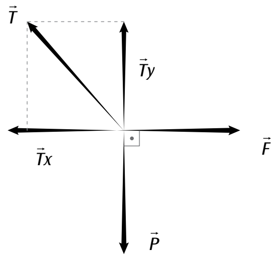
O baricentro coincide com o centro de massa da peça triângulo (desde que esta tenha espessura uniforme).

2. Para substituir o fio de prumo, você pode usar um fio (linha de costura) com uma arruela ou porca presa em uma das extremidades.

Complementares

9. c

Fazendo o diagrama de forças no ponto B:



Dessa maneira:

$\vec{P} = \vec{T}_y \Rightarrow T_y = 120 \Rightarrow \vec{F} = \vec{T}_x \Rightarrow T_x = 90$ N

Teorema de Pitágoras:

$T^2 = T_x^2 + T_y^2 \Rightarrow T^2 = 120^2 + 90^2 \Rightarrow T = 150$ N

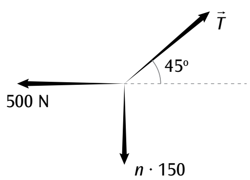
10. a

As forças que agem no atleta são:

- peso do atleta: vertical para baixo;
- trações das cordas: inclinadas para cima.

11. d

No ponto de junção dos fios, temos o seguinte esquema de forças:



No equilíbrio, temos:

$T \cdot \cos 45° = 500 \Rightarrow T \cdot 0,70 = 500 \Rightarrow T = 714$ N

$T \cdot \text{sen } 45° = n \cdot 150 \Rightarrow 714 \cdot 0,70 = n \cdot 150 \Rightarrow n = 3,3$

Como n é um número inteiro: $n = 4$

12. b

Na montagem 1: $2 \cdot T_1 = P \Rightarrow T_1 = 0,50 \cdot P$

Na montagem 2: $2 \cdot T_2 \cdot \text{sen } 60° = P \Rightarrow T_2 = 0,58 \cdot P$

Na montagem 3: $2 \cdot T_3 \cdot \text{sen } 30° = P \Rightarrow T_3 = P$

21. O momento aplicado pelo jovem vale $75 \cdot 20 = 1.500$ kgf · cm. A jovem aplica um momento de $51 \cdot 30 = 1.530$ kgf · cm, maior que o momento aplicado pelo jovem. Portanto, ela consegue também soltar o parafuso.

22. Sistema em equilíbrio:

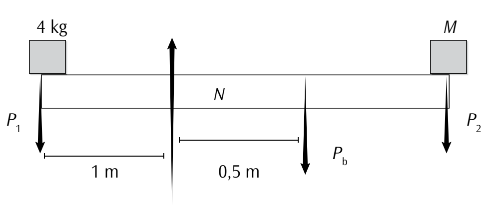
$\Sigma M_M = 0 \Rightarrow F_P \cdot 120 - P \cdot 30 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow F_P \cdot 120 = 600 \cdot 30 \Rightarrow F_P = 150$ N

$\Sigma F = 0 \Rightarrow F_M + F_P = P \Rightarrow$

$\Rightarrow F_M + 150 = 600 \Rightarrow F_M = 450$ N

23. a) Diagrama de forças:



P_1: peso do bloco de 4,0 kg

P_b: peso da barra

P_2: peso do bloco de massa M

N: normal da articulação

b) Na condição de equilíbrio, considerando os momentos das forças em relação à articulação, em módulo:

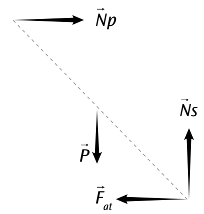
$M_{P1} = M_{Pb} + M_{P2} \Rightarrow 40 \cdot 1,0 = 20 \cdot 0,5 + P_2 \cdot 2,0 \Rightarrow$

$P_2 = 15$ N $\Rightarrow$

$\Rightarrow M = 1,5$ kg

24. V – F – V – V

A figura mostra as forças que agem na escada:



Escada em equilíbrio:

$\Sigma\vec{F} = 0 \Rightarrow N_S = P$ e $F_{at.} = N_P$

A força de atrito máxima é:

$F_{at.\ máx.} = \mu_e \cdot N_S = \mu_e \cdot P \Rightarrow$

$\Rightarrow F_{at.\ máx.} = \mu_e \cdot m \cdot g$

Assim, temos:

I. (V) $F_{at.\ máx.} = \mu_e \cdot N_S = \mu_e \cdot P \Rightarrow F_{at.\ máx.} = \mu_e \cdot m \cdot g$

II. (F) O componente vertical exercido pela parede é zero (atrito nulo).

III. (V) $N_S = P = m \cdot g$

IV. (V) $N_P = F_{at.}$

Tarefa proposta

1. d

Para que o bloco permaneça em repouso é necessário que a força resultante sobre este seja nula, portanto que as forças se equilibrem tanto na horizontal quanto na vertical.

2. d

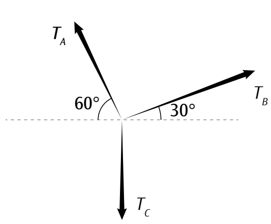
Forças de mesmo módulo, com ângulo de 120° entre elas, apresentam resultante de mesmo módulo que uma delas. Assim, seria possível o equilíbrio com uma força de 50 N.

3. b

Na horizontal: $T \cdot \cos 37° = F \Rightarrow T \cdot 0,80 = 40 \Rightarrow T = 50$ N

Na vertical: $T \cdot \text{sen } 37° = P \Rightarrow 50 \cdot 0,60 = P \Rightarrow P = 30$ N

4. a) As forças que atuam no ponto P são as trações devido aos fios A, B e C, e o diagrama será:



b) Como o sistema se encontra em equilíbrio estático, a força resultante sobre o objeto é nula.

c) Na horizontal, decompondo as trações T_A e T_B e como a resultante das forças é nula:

$T_A \cdot \cos 60° = T_B \cdot \cos 30° \Rightarrow T_A \cdot \dfrac{1}{2} = T_B \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow T_A = T_B \cdot \sqrt{3}$ (I)

A tração T_C é igual, em módulo, à força peso do corpo suspenso. Dessa maneira, $T_C = P = m \cdot g \Rightarrow T_C = 100$ N

Na vertical, decompondo as trações T_A e T_B e como a resultante das forças é nula:

$T_C = T_A \cdot \text{sen } 60° + T_B \cdot \text{sen } 30° \Rightarrow$

$100 = T_A \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{2} + T_B \cdot \dfrac{1}{2} \Rightarrow 200 = T_A \cdot \sqrt{3} + T_B$ (II)

Substituindo (I) em (II):

$200 = T_B \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} + T_B \Rightarrow T_B = \dfrac{200}{4} \Rightarrow T_B = 50$ N

$T_A = T_B \cdot \sqrt{3} = 50 \cdot \sqrt{3}$ N

Portanto,

$T_A = 50\sqrt{3}$ N

$T_B = 50$ N

$T_C = 100$ N

5. e

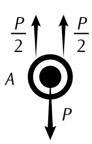
(1) $m = 5 \text{ kg} \Rightarrow P = 50 \text{ N} \Rightarrow D_1 = P = 50$ N

(2) $m = 5 \text{ kg} \Rightarrow P = 50 \text{ N} \Rightarrow D_2 = P + P = 100$ N

(3) $m = 5 \text{ kg} \Rightarrow P = 50 \text{ N} \Rightarrow$

$\Rightarrow D_3 = P \cdot \text{sen } 45° = 50 \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2} \simeq 35$ N

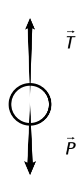
6. Para o sistema em equilíbrio na roldana A:



Dessa maneira, a tração T no fio que traciona m_1:

$T = \dfrac{P}{2} = \dfrac{2 \cdot 20}{2} \Rightarrow P = 10$ N

No bloco de massa m_1:



Portanto:

$T = P \Rightarrow 10 = m_1 \cdot 10 \Rightarrow m_1 = 1$ kg

7. d

O sistema descrito acima apresenta uma polia fixa e três polias móveis. Sendo assim, por causa dessas três polias móveis, a força a ser realizada para equilibrar o sistema será 8 vezes menor que o peso do corpo, ou seja, $F = \dfrac{P}{8} = \dfrac{200}{8} \Rightarrow F = 25$ N.

8. a

No equilíbrio $P = 2T \cdot \cos \alpha \Rightarrow T = \dfrac{P}{2\cos \alpha}$

Quanto mais próximo de zero estiver o ângulo, menor será T. Quanto maior for o ângulo, maior será T.

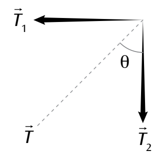
9. b

Esquematicamente, temos:

$2T \cdot \cos \theta = P$

$T = \dfrac{P}{2 \cdot \cos \theta}$ (I)

No gancho, temos:



$T_1 = T \cdot \text{sen } \theta \Rightarrow T = \dfrac{T_1}{\text{sen } \theta}$ (II)

Substituindo (II) em (I), temos:

$\dfrac{T_1}{\text{sen } \theta} = \dfrac{P}{2\cos \theta} \Rightarrow T_1 = \dfrac{P \cdot \text{sen } \theta}{2\cos \theta} \Rightarrow T_1 = \dfrac{P}{2 \cdot \text{cotg } \theta}$

(Com θ pequeno, para minimizar T_1.)

10. c

No equilíbrio do sistema:

$F_{El} = P_{Xc} \Rightarrow k \cdot x = m \cdot g \cdot \text{sen } 30° \Rightarrow k \cdot 0{,}3 = 3 \cdot 10 \cdot 0{,}5 \Rightarrow$

$\Rightarrow k = 50$ N/m

11. c

Como as esferas estão em equilíbrio (paradas) dentro da caixa, $F_R = 0$, na vertical:

$N = P + P \Rightarrow 30 = 2 \cdot P \Rightarrow P = 15$ N

12. a) $M_{F1} = 1{,}0 \cdot 10^4 \cdot 100 = 1{,}0 \cdot 10^6$ N · m (sentido horário)

$M_{F2} = 2{,}0 \cdot 10^4 \cdot 80 = 1{,}6 \cdot 10^6$ N · m (sentido anti-horário)

$M_R = 1{,}6 \cdot 10^6 + (-1{,}0 \cdot 10^6) = 6{,}0 \cdot 10^5$ N · m (sentido anti-horário)

b) $F_R = F_1 + F_2 = 3{,}0 \cdot 10^4$ N, logo:

$I_R = F_R \cdot \Delta t = 3{,}0 \cdot 10^4 \cdot 60 = 1{,}8 \cdot 10^6$ N · s

13. b

a) (F) A chave deve ser girada no sentido oposto ao que as porcas foram apertadas, podendo ser qualquer um deles, usualmente são apertadas no sentido horário.

b) (V) Quanto maior o braço da força aplicada, maior o torque aplicado, o que é necessário para girar as porcas.

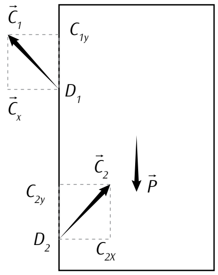
c) (F) Se o ponto de aplicação for próximo à porca, menor será o torque aplicado, dificultando o giro.

d) (F) O aquecimento dos parafusos provocaria sua dilatação e, portanto, iria deixá-las mais apertadas.

e) (F) Não há relação direta entre o diâmetro das porcas e a dificuldade de soltá-las.

14. d

Quando a porta está em equilíbrio, somatória das forças e dos momentos sobre é nulo. Dessa maneira, o diagrama a seguir representa as forças que as dobradiças exercem na porta:



Sendo: C_1 a força que a dobradiça 1 aplica à porta; C_2 a força que a dobradiça 2 aplica à porta.

15. a

Na figura 1: $F = Q$

Na figura 2: $F < Q$, pois $F \cdot 3 = Q \cdot 1 \Rightarrow F = \dfrac{Q}{3}$

16. d

A porta abre-se mais facilmente na situação da figura 2, porque o momento da força F aplicada é maior, uma vez que o braço da força é maior.

17. a) A somatória dos momentos em relação ao ponto de apoio é nula:

$\Sigma M_0^F = 0 \Rightarrow M_0^{P_M} + M_0^P = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow P_M \cdot 1 - 800 \cdot 3 = 0 \Rightarrow P_M = 2.400$ N

$m = 240$ kg

b) Como a força resultante também é nula:

$N = P_M + P_H \Rightarrow N = P_M + 800$, então:

$N = 2.400 + 800 = 3.200$ N

18. c

Como a régua está suspensa pelo centro de gravidade, o equilíbrio acontecerá quando a resultante dos momentos dos clipes for nula.

$M_1 = M_2 \Rightarrow F_1 \cdot b_1 = F_2 \cdot b_2 \Rightarrow 3\,m \cdot 8 = 2\,m \cdot x \Rightarrow x = 12$

O equilíbrio vai ocorrer no ponto de graduação: 12 + 15 = 27

19. b

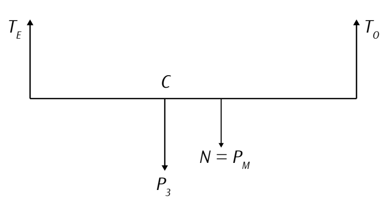
A resultante dos momentos na haste deve ser nula. Em relação ao ponto de articulação da haste:

$M_T = M_P \Rightarrow T \cdot \text{sen } 30° \cdot b_T = P \cdot b_P \Rightarrow$

$\Rightarrow T \cdot 0{,}5 \cdot x = 80 \cdot \dfrac{x}{2} \Rightarrow T = 80$ N

20. c

Observe a figura:



$\Sigma F = 0 \Rightarrow T_E + T_D = P_a + P_M \Rightarrow T_E + T_D = P$

$\Sigma M_C = 0 \Rightarrow T_D > T_E$

21. c

No sistema das roldanas que tem três polias móveis, o peso do corpo B será dado por:

$P_B = \dfrac{P_A}{2^3} \Rightarrow P_B = \dfrac{P_A}{8}$

Na alavanca, o somatório dos momentos das forças é nulo:

$P_A \cdot X = P_B \cdot Y \Rightarrow P_A \cdot X = \dfrac{P_A}{8} \cdot Y \Rightarrow \dfrac{X}{Y} = \dfrac{1}{8}$

22. e

$\Sigma M = 0 \Rightarrow P \cdot \dfrac{L}{2} - T \cdot \cos\theta \cdot L = 0 \Rightarrow T = \dfrac{P}{2\cos\theta}$

23. c

$M = 100$ N · m

$F \cdot d = 100 \Rightarrow 250 \cdot x = 100 \Rightarrow$

$\Rightarrow 62{,}5 + 250\,x = 100 \Rightarrow 250\,x = 37{,}5 \Rightarrow$

$\Rightarrow x = 0{,}15$ m ou 15 cm

A mão de ferro deve ter, no mínimo: 25 cm + 15 cm = 40 cm

24. a

O peso do garoto dependurado aplica um momento que tende a fazer o portão girar no sentido horário, assim, a dobradiça A está sendo **tracionada** e a dobradiça B está sendo **comprimida**. E, ainda, a dobradiça resiste mais a um esforço de compressão do que a um esforço de tração.

a) (V) Como a dobradiça A está tracionada e B está comprimida, é mais provável que a dobradiça A arrebente primeiro.

b) (F) Mesma explicação da alternativa *a*.

c) (F) A dobradiça A tende a arrebentar primeiro por estar tracionada.

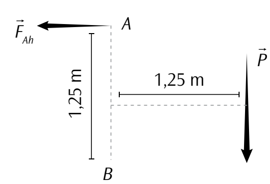
d) (F) As duas estão sofrendo esforços.

e) (F) Certamente, a resistência do portão é maior que a resistência.

25. a) Forças no portão: P, F_A e F_B

Equilíbrio: $F_A + F_B = P \Rightarrow F_A + F_B = 500$ N

b) $\Sigma M_B = 0 \Rightarrow F_{Ah} \cdot 1{,}25 = 500 \cdot 1{,}25 \Rightarrow F_{Ah} = 500$ N horizontal para a esquerda.



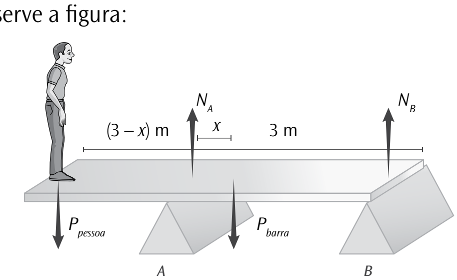
26. d

$\Sigma M_0 = 0 \Rightarrow \cancel{m} \cdot d_{AO} = \cancel{m} \cdot x \Rightarrow x = d_{AO} = d$

Na horizontal, os pontos que estão à distância $x = d$ do ponto O são: D e C.

27. a

Observe a figura:



$\Sigma M_B = 0$ e $N_b = 0 \Rightarrow N_A = 3.000$ N

$P_{pessoa} \cdot 6 + P_{plat.} \cdot 3 - Na \cdot x = 0 \Rightarrow$

$700 \cdot 6 + 2.300 \cdot 3 = 3.000 \cdot x \Rightarrow$

$$x = \frac{4.200 + 6.900}{3.000} \Rightarrow x = 3{,}7 \text{ m}$$

28. V – V – F – F – V

(V) O atrito da escada com o chão é indispensável para que haja equilíbrio.

(V) $\Sigma F = 0$ (equilíbrio) $\Rightarrow F_v = P$

(F) A força que a parede faz está relacionada ao componente horizontal da força exercida pelo solo.

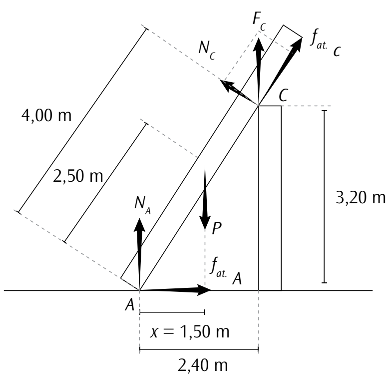
(F) A força de atrito é maior para ângulos menores.

(V) No equilíbrio $\Rightarrow \Sigma F = 0$ e $\Sigma M = 0$

29. a

Aplicando o teorema de Pitágoras no triângulo retângulo formado, $AC = 4{,}00$ m.

As forças aplicadas na viga:

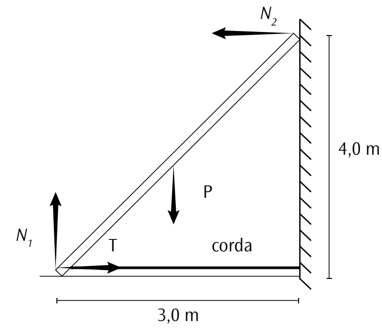


Dessa maneira, o somatório dos momentos das forças no ponto *A* será dado por:

$P \cdot x = N_C \cdot AC \Rightarrow 400 \cdot 1{,}5 = N_C \cdot 4 \Rightarrow N_C = 150$ N

30. a

Diagrama de forças:



No equilíbrio: $N_1 = P$ e $T = N_2$

$\Sigma M = 0$ em relação ao apoio no solo, em módulo:

$P \cdot 1{,}5 = N_2 \cdot 4{,}0 \Rightarrow 400 \cdot 1{,}5 = N_2 \cdot 4{,}0 \Rightarrow N_2 = 150$ N $\Rightarrow$

$\Rightarrow T = 150$ N.

31. Na iminência de tombamento, $\Sigma M = 0$, em relação ao ponto de apoio à direita do robô, em módulo:

$P_{robô} \cdot 0{,}4 = P_{caixas} \cdot 0{,}3 \Rightarrow 240 \cdot g \cdot 0{,}4 = m \cdot g \cdot 0{,}3 \Rightarrow$

$m = 320$ kg

32. a

Na iminência do movimento da viga, $\Sigma M = 0$, em relação ao ponto *B*, em módulo:

$P_{viga} \cdot 0{,}1 = P_{esfera} \cdot L \Rightarrow 10 \cdot 0{,}1 = 20 \cdot L \Rightarrow L = 5{,}0$ cm