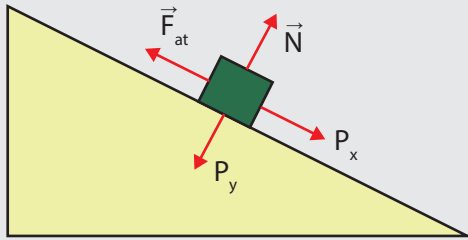


Capítulo 5 - O Movimento sob ação de forças dissipativas

1.



$$|\vec{N}| = |\vec{P}_y|$$

$$|\vec{N}| = m \cdot g \cdot \cos\theta$$

e

$$|\vec{F}_{at}| = |\vec{P}_x|$$

$$\mu \cdot N = m \cdot g \cdot \sin\theta$$

$$\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\theta = m \cdot g \cdot \sin\theta$$

$$\mu = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

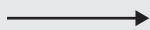
$$\mu = \operatorname{tg}\theta$$

Alternativa b

2.

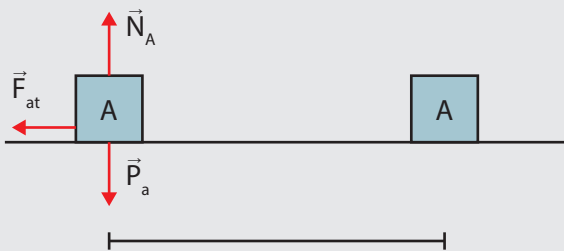
$$t = 0$$

$$V_0 = 4 \text{ m/s}$$



$$t = 1 \text{ s}$$

$$V = ?$$



$$F_r = F_{at}$$

$$F_{at} = m \cdot a$$

$$\mu \cdot N = m \cdot a$$

$$\mu \cdot m \cdot g = m \cdot a$$

$$a = \mu \cdot g$$

$$a = 0,2 \cdot 10$$

$$a = 2 \text{ m/s}^2$$

$$V = V_0 + a \cdot t$$

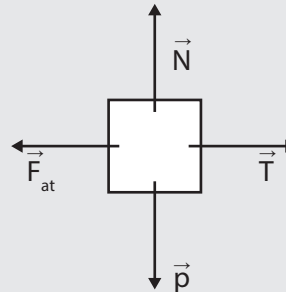
$$V = 4 - 2 \cdot 1 \rightarrow \text{a aceleração é negativa}$$

$$V = 2 \text{ m/s}$$

Alternativa d

3.

a)



b)

peso P

$$2 - T = 0,2 \cdot 3$$

$$2 - T = 0,6$$

carrinho C

$$T - F_{at} = 0,4 \cdot 3$$

$$T - \mu \cdot N = 1,2$$

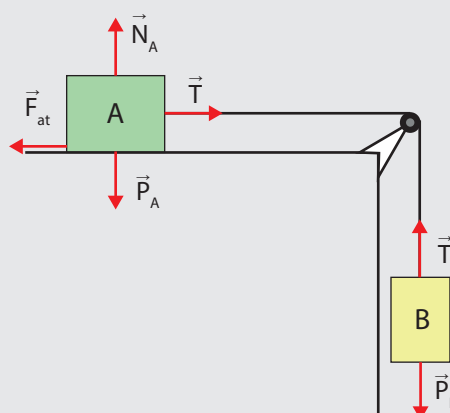
$$\begin{cases} 2 - T = 0,6 \\ T - \mu \cdot 4 = 1,2 \end{cases}$$

$$\underline{T - \mu \cdot 4 = 1,2}$$

$$2 - \mu \cdot 4 = 1,8$$

$$\mu = \frac{0,2}{4} = 0,05$$

4.



bloco B

$$T = P_B$$

$$T = M_B \cdot g$$

$$T = M_B \cdot 10$$

bloco A

$$N_A = P_A$$

$$N_A = M_A \cdot g$$

$$N_A = 10 \cdot 10$$

$$N_A = 100 \text{ N}$$

$$F_{at} = T$$

$$\mu \cdot N = M \cdot 10$$

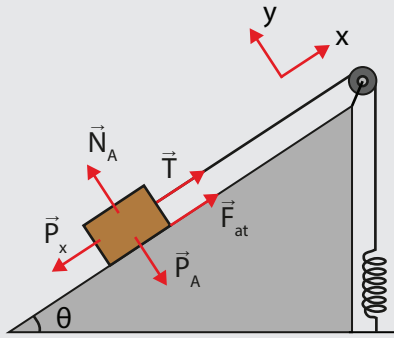
$$0,3 \cdot 100 = M_B \cdot 10$$

$$M_B = 3 \text{ kg}$$

Alternativa c

5.

$$x = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$



Na direção y

$$N = P_y$$

$$N = P \cdot \cos \theta$$

$$N = 10 \cdot 0,8$$

$$N = 8 \text{ N}$$

Na direção x

$$P_x = T + F_{at}$$

$$P \cdot \sin \theta = T + \mu \cdot N$$

$$10 \cdot 0,6 = T + 0,2 \cdot 8$$

$$6 = T + 1,6$$

$$T = 4,4 \text{ N}$$

A força é igual a força elástica em módulo,

$$|\vec{T}| = |\vec{F}_{el}|$$

$$T = k \cdot x$$

$$4,4 = k \cdot 0,2$$

$$k = \frac{4,4}{0,2}$$

$$k = 22 \text{ N/m}$$

6. A força de atrito no bloco é dada por:

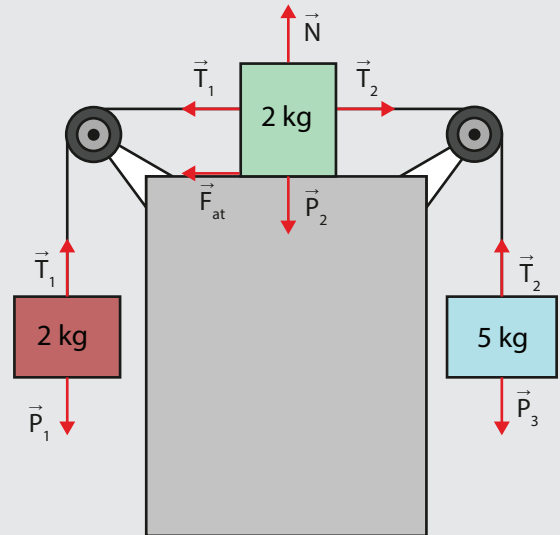
$$F_{at} = \mu \cdot N$$

$$F_{at} = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta$$

O cosseno aumenta conforme o ângulo diminui, ou seja, a força de atrito aumenta.

Alternativa d

7.



No bloco A

$$|\vec{T}_1| = |\vec{P}_1|$$

$$T_1 = 20 \text{ N}$$

No bloco B

$$N = P_2$$

$$N = 20 \text{ N}$$

No bloco C

$$|\vec{T}_2| = |\vec{P}_3|$$

$$|\vec{T}_2| = 50 \text{ N}$$

$$T_2 = T_1 + F_{at}$$

$$50 = 20 + F_{at}$$

$$F_{at} = 30$$

$$\mu \cdot N = 30$$

$$\mu \cdot 20 = 30$$

$$\mu = 1,5$$

Alternativa e

8.

(1) **(Certo)** Força de atrito máxima

$$F_{ate} = \mu_e \cdot N$$

$$F_{ate} = 0,4 \cdot m \cdot g$$

$$F_{ate} = 0,4 \cdot 5 \cdot 10$$

$$F_{ate} = 20 \text{ N}$$

Se o bloco for puxado com 10 N, permanecerá em repouso.

(2) **(Certo)** Porque o bloco está sendo puxado por uma força superior ao $fat_{máximo}$

(3) **(Errado)**

$$F_r = m \cdot a$$

$$F - F_{atb} = m \cdot a$$

$$F - \mu_D \cdot N = m \cdot a$$

$$50 - 0,3 \cdot 50 = 5 \cdot a$$

$$50 - 15 = 5 \cdot a$$

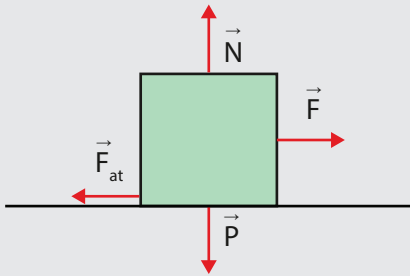
$$35 = 5 \cdot a$$

$$a = \frac{35}{5}$$

$$a = 7 \text{ m/s}^2$$

(4) **(Certo)** A força deve ser reduzida para o mesmo módulo da força de atrito dinâmico.

9.



$$N = P$$

$$N = 500 \text{ N}$$

No repouso

$$F = F_{ate}$$

$$F = \mu_e \cdot N$$

$$300 = \mu_e \cdot 500$$

$$\mu_e = \frac{300}{500}$$

$$\mu_e = 0,6$$

No M.R.U

$$F_{atD} = F$$

$$\mu_D \cdot N = 200$$

$$\mu_D \cdot 500 = 200$$

$$\mu_D = \frac{200}{500} = 0,4$$

Alternativa a

10.

(1) **(Errado)** A aceleração varia porque a força de resistência do ar aumenta com a velocidade.

(2) **(Certo)** A velocidade é constante, ou seja, a força de resistência do ar é igual a força peso.

(3) **(Errado)** No intervalo entre t_2 e t_3 a força de resistência aumenta, mas a velocidade diminui e permanece no mesmo sentido.

(4) **(Errado)** Permanece em movimento retilíneo uniforme.

(5) **(Certo)** A velocidade pode ser constante e com o mesmo módulo durante o intervalo entre t_1 e t_2 .

11.

(1) **(Errado)** Depende também da área, forma do corpo, densidade do ar.

(2) **(Certo)** A velocidade aumenta até a força de resistência do ar ter o mesmo módulo do peso do paraquedista.

(3) **(Certo)**

$$F_{resistenciadoar} = F_{peso}$$

$$k \cdot v^2 = m \cdot g$$

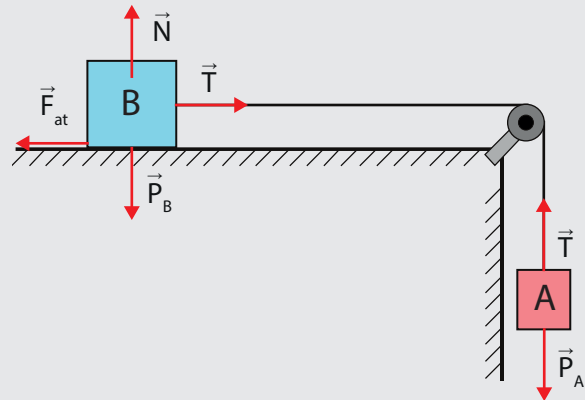
$$40 \cdot v^2 = 100 \cdot 10$$

$$v^2 = 25$$

$$v = 5 \text{ m/s}$$

(4) **(Errado)** A aceleração muda durante a queda.

12.



a) O sistema permanece parado se o $f_{at\ max}$ entre o bloco B e a mesa for maior que o peso do bloco A.

b) Movimento uniforme ($a = 0$).

$$T = P_A \text{ e } T = F_{at}$$

logo,

$$F_{at} = P_A$$

$$\mu \cdot N = m_A \cdot g$$

$$\mu \cdot m_b \cdot g = m_a \cdot g$$

$$\mu = \frac{m_a}{m_b}$$

13.

$$\mu = 0,25$$

$$m = 54 \text{ kg}$$

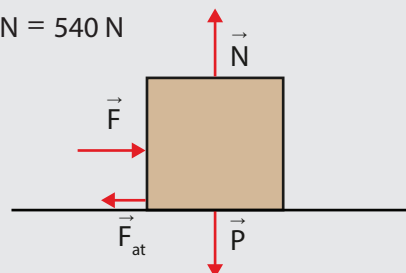
$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

Na vertical

$$P = N$$

$$540 = N$$

$$N = 540 \text{ N}$$



(I) **(Errado)**

$$F_{ate} = \mu \cdot N$$

$$F_{ate} = 0,25 \cdot 540$$

$$F_{ate} = 135 \text{ N}$$

(II)

$$F_R = m.a$$

$$F - F_{at} = m.a$$

$$150 - \mu_D . N = m.a$$

$$150 - 0,1540 = 54.a$$

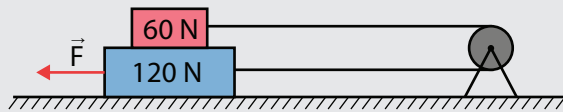
$$150 - 54 = 54.a$$

$$a = \frac{96}{54}$$

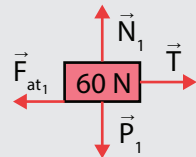
$$a = 1,777$$

$$\cong 1,78 \text{ m/s}^2$$

14.



As forças que atuam em cada bloco são:



$$P_1 = N_1$$

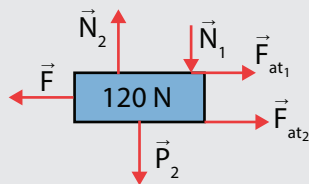
$$N_1 = 60 \text{ N}$$

$$T = F_{at1}$$

$$T = \mu . N_1$$

$$T = 0,2.60$$

$$T = 12 \text{ N}$$



Vertical

$$N_1 + P_2 = N_2$$

$$60 + 120 = N_2$$

$$N_2 = 180 \text{ N}$$

Horizontal

$$F - F_{at1} - F_{at2} = 0$$

$$F = F_{at1} + F_{at2}$$

$$F = 12 + \mu . N_2$$

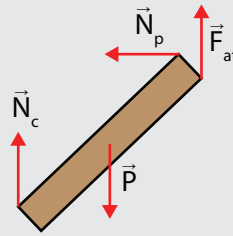
$$F = 12 + 0,4.180$$

$$F = 12 + 72$$

$$F = 84 \text{ N}$$

15.

(1) **(Certo)**



A normal da parede não é equilibrada por nenhuma força, ou seja, a escada não está em equilíbrio.

(2) **(Errado)** Tem-se que:

$$\vec{F}_1 = 4\vec{i} + 3\vec{j}$$

$$\vec{F}_2 = 3\vec{i} + 5\vec{j}$$

$$\vec{F}_3 = -3\vec{i} + 4\vec{j}$$

$$\vec{F}_4 = -2\vec{i} - 3\vec{j}$$

$$\vec{F}_5 = 1\vec{i} - 7\vec{j}$$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5$$

$$\vec{F}_R = (4 + 3 - 3 - 2 + 1)\vec{i} + (3 + 5 + 4 - 3 - 6)\vec{j}$$

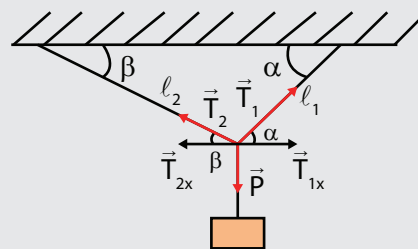
$$\vec{F}_R = 3\vec{i} + 3\vec{j}$$

$$|\vec{F}_R|^2 = 3^2 + 3^2$$

$$|\vec{F}_R| = 3\sqrt{2} \text{ N}$$

(3) **(Errado)** Vetores com mesma direção e sentidos opostos. $|\vec{A} + \vec{B}| < |\vec{A} - \vec{B}|$

(4) **(Certo)**



$$T_{1x} = T_{2x}$$

$$T_1 . \cos\beta = T_2 . \cos\alpha$$

$$T_1 = T_2 . \frac{\cos\alpha}{\cos\beta}$$

Para $\alpha > \beta$

tem - se que

$$\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} > 1$$

logo, $T_1 > T_2$

16.

(1) **(Errado)** O copo pode estar em M.R.U.

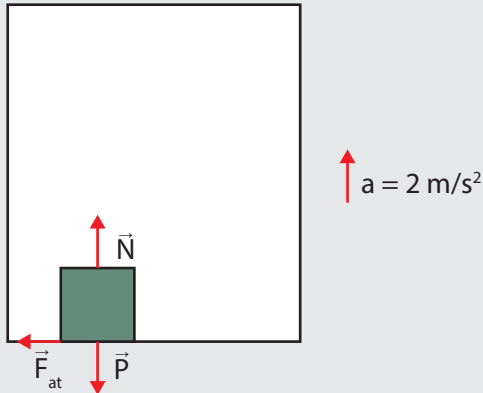
(2) **(Errado)** A força peso atua com força resultante.

(3) **(Errado)** Chegam ao solo simultaneamente.

(4) **(Errado)** Porque a normal em A é maior que B gerando um atrito maior, com isso o bloco é freiado com uma aceleração maior.

(5) **(Certo)** Porque a aceleração e a massa do sistema permanecem os mesmos.

17.



(1) **(Errado)**

Vertical

$$N - P = m \cdot a$$

$$N - mg = m \cdot a$$

$$N = mg + m \cdot a$$

$$N = m (g + a)$$

$$N = 2 \cdot (10 + 2) = 24 \text{ N}$$

(2) **(Certo)**

No horizontal

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_{at} = m \cdot a$$

$$\mu \cdot |\vec{N}| = m \cdot a$$

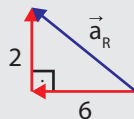
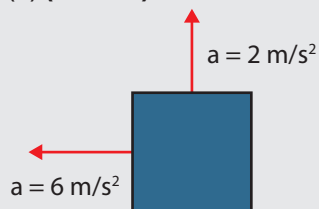
$$\mu \cdot 24 = 2 \cdot 6$$

$$\mu \cdot 24 = 12$$

$$\mu = 0,5$$

(3) **(Errado)** A força de atrito seria menor, porque a normal teria o mesmo módulo do peso do bloco.

(4) **(Errado)**



$$a_R^2 = 2^2 + 6^2$$

$$a_R^2 = 4 + 36$$

$$a_R = \sqrt{40}$$

$$a_R = 2\sqrt{10} \text{ m/s}^2$$

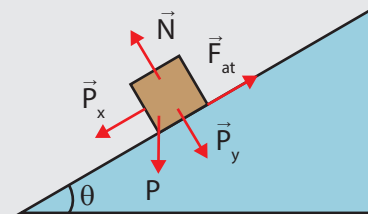
$$F_R = m \cdot a_R$$

$$F_R = 2 \cdot 2 \cdot \sqrt{10}$$

$$F_R = 4 \cdot \sqrt{10} \text{ N}$$

$$4 \cdot \sqrt{10} \text{ N} > 12 \text{ N}$$

18.



Na vertical

$$N = P_y$$

$$N = m \cdot g \cdot \cos\theta$$

Na horizontal

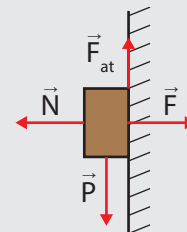
$$F_{at} = P_x$$

$$\mu \cdot N = m \cdot g \cdot \sin\theta$$

$$\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\theta = m \cdot g \cdot \sin\theta$$

$$\mu = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} \Rightarrow \mu = \text{tg}30^\circ$$

19.



Na horizontal

$$N = F$$

Na vertical

$$F_{at} = P$$

$$\mu \cdot N = P$$

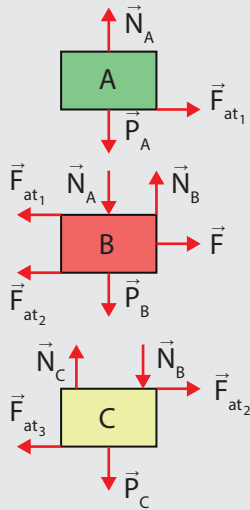
Como a $N = F$. Logo,

$$\mu \cdot F = m \cdot g$$

$$F = \frac{m \cdot g}{\mu}$$

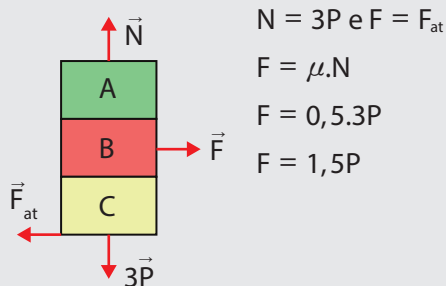
$$F = \frac{20}{0,2} = 100 \text{ N}$$

20.



Para o sistema permanecer parado a força resultante é igual a zero.

Considerando o sistema como 1. Tem-se que:



$$N = 3P \text{ e } F = F_{at}$$

$$F = \mu \cdot N$$

$$F = 0,5 \cdot 3P$$

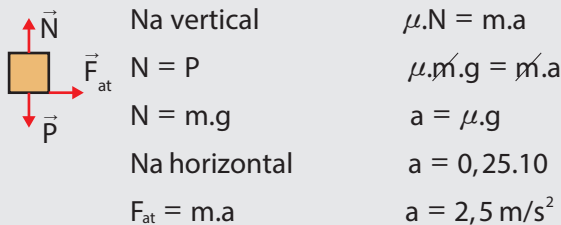
$$F = 1,5P$$

Alternativa c

21.



Para que o caixote se mova junto com o vagão sem deslizar tem-se que:



Na vertical

$$\mu \cdot N = m \cdot a$$

$$N = P$$

$$\mu \cdot m \cdot g = m \cdot a$$

$$N = m \cdot g$$

$$a = \mu \cdot g$$

Na horizontal

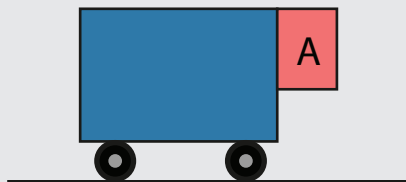
$$a = 0,25 \cdot 10$$

$$F_{at} = m \cdot a$$

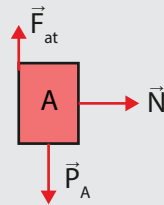
$$a = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Alternativa d

22.



As forças que atuam em A são:



Para o bloco A não deslizar tem-se que:

$$F_{at} = P_A$$

$$\mu \cdot N = m_A \cdot g$$

$$N = \frac{m_A \cdot g}{\mu}$$

e

$$|\vec{N}| = |\vec{F}_R|$$

$$N = m \cdot a$$

$$\frac{m_A \cdot g}{\mu} = m_A \cdot a$$

$$a = \frac{g}{\mu}$$

$$a = \frac{10}{0,2} = 50 \text{ m/s}^2$$

23.

A área da toalha é:

$$A = b \cdot h$$

$$A = 50 \cdot 80$$

$$A = 4000 \text{ cm}^2$$

Tem-se que a densidade superficial é:

$$d = \frac{M}{A}$$

$$5 \cdot 10^{-2} = \frac{M}{4000}$$

$$M = 4 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-2}$$

$$M = 20 \cdot 10^1$$

$$M = 200 \text{ g}$$

Para que a toalha permaneça sobre a mesa, o peso do pedaço BE deve ser igual a força de atrito da parte AB.

Logo,

$$P_{BE} = F_{at}$$

$$P_{BE} = 1,5 \text{ N}$$

Sabe-se que:

$$m_{BE} \cdot g = 1,5$$

$$m_{BE} \cdot 10 = 1,5$$

$$m_{BE} = 0,15 \text{ kg}$$

$$m_{BE} = 150 \text{ g}$$

Tem-se que:

$$d = \frac{m}{A}$$

$$5 \cdot 10^{-2} = \frac{150}{A}$$

$$A = \frac{150}{5 \cdot 10^{-2}}$$

$$A = 30 \cdot 10^2$$

$$A = 3000 \text{ cm}^2$$

Como a largura da toalha é 50 cm, o comprimento da parte BE é dado por:

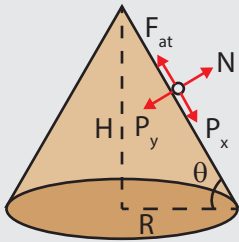
$$BE \cdot 50 = \text{Área}$$

$$BE \cdot 50 = 2000$$

$$BE = \frac{200}{5}$$

$$BE = 40 \text{ cm}$$

24.



Para o grão de areia permanecer parado temos que:

$$N = P_y$$

$$N = mg \cdot \cos \theta$$

$$P_x = F_{at}$$

$$m \cdot g \cdot \sin \theta = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta$$

$$\mu = \tan \theta$$

Sabe-se que

$$\tan \theta = \frac{H}{R}$$

$$\frac{H}{R} = \mu$$

$$H = R\mu$$

$$H = 0,23$$

$$H = 0,6 \text{ m}$$

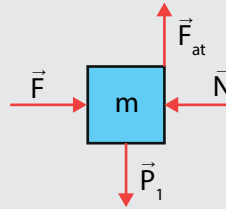
O volume do cone é dado por:

$$V = \frac{Ab \cdot h}{3} \rightarrow V = \frac{\pi \cdot R^2 \cdot h}{3} \rightarrow V = \frac{3 \cdot 3^2 \cdot 0,6}{3} \rightarrow V = 5,4 \text{ m}^3$$

25.



Bloco 1



Na vertical

$$F_{at} = P_1$$

$$\mu \cdot N = m \cdot g$$

$$N = \frac{m \cdot g}{\mu} \quad (I)$$

Na horizontal

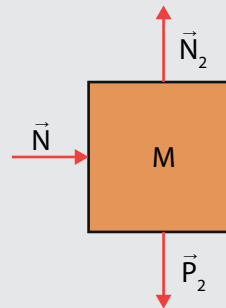
$$F - N = F_R$$

$$F - N = m \cdot a$$

$$F - \frac{m \cdot g}{\mu} = m \cdot a$$

$$F = m \cdot a + \frac{m \cdot g}{\mu} \quad (II)$$

Bloco 2



Na vertical

$$N_2 = P_2$$

$$N_2 = M \cdot g$$

Na horizontal

$$N = F_R$$

$$N = M \cdot a$$

$$\frac{m \cdot g}{\mu} = M \cdot a$$

$$a = \frac{m \cdot g}{\mu \cdot M} \quad (III)$$

Substituindo III em II

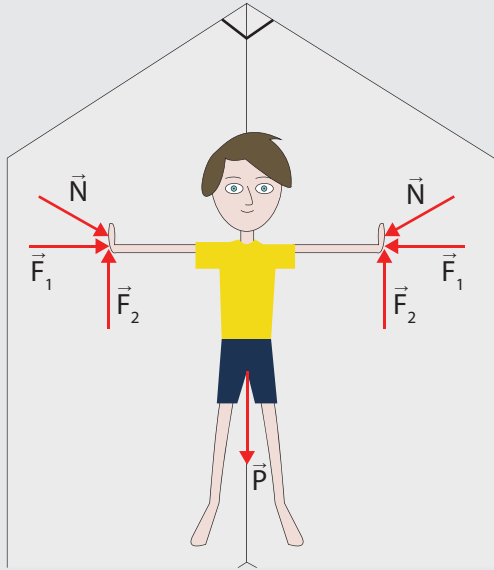
$$F = m \cdot \frac{m \cdot g}{\mu \cdot M} + \frac{m \cdot g}{\mu}$$

$$F = \frac{m}{\mu} \left(\frac{m \cdot g}{M} + g \right)$$

$$F = \frac{16}{0,38} \left(\frac{16 \cdot 10}{88} + 10 \right)$$

$$F = 497,61 \text{ N}$$

26.



$$F_2 = \frac{P}{2}$$

$$N = F_1$$

Para o equilíbrio tem - se que:

$$F_{at} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$\mu \cdot F_1 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$\mu \cdot F_1 = \sqrt{F_1^2 + \left(\frac{P}{2}\right)^2}$$

$$\mu^2 \cdot F_1^2 = F_1^2 + \frac{P^2}{4}$$

$$F_1^2 = \frac{P^2}{4(\mu^2 - 1)}$$

A força que atua nas mãos do atleta é dada por:

$$F = \sqrt{N^2 + F_1^2 + F_2^2}$$

$$F = \sqrt{2F_1^2 + F_2^2}$$

$$F = \sqrt{\frac{2 \cdot P^2}{4(\mu^2 - 1)} + \frac{P^2}{4}}$$

$$F = \frac{P}{2} \cdot \sqrt{\frac{\mu^2 + 1}{\mu^2 - 1}}$$

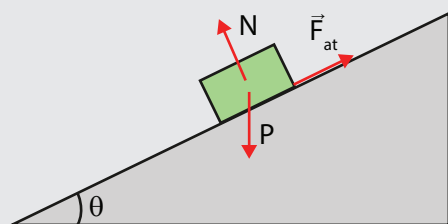
logo,

$$F = \frac{m \cdot g}{2} \cdot \sqrt{\frac{\mu^2 + 1}{\mu^2 - 1}}$$

Alternativa b

27.

1) com \vec{a} para a direita tem-se que:



$$P = N \cos \theta + \mu N \sin \theta$$

$$mg = N(\cos \theta + \mu \sin \theta)$$

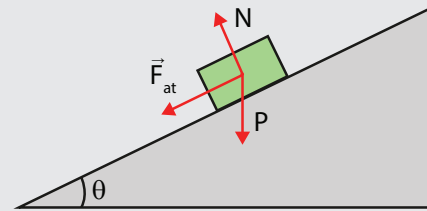
$$N = \frac{mg}{(\cos \theta + \mu \sin \theta)}$$

Por outro lado tem - se que:

$$m \cdot a = F_{at} \cdot \cos \theta - N \cdot \sin \theta \leq \mu \cdot N \cdot \cos \theta - N \sin \theta$$

$$a \leq g \left(\frac{\mu \cdot \cos \theta - \sin \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta} \right)$$

2) Com \vec{a} para a esquerda tem-se que:



$$P + \mu \cdot N \cdot \sin \theta = N \cdot \cos \theta$$

$$mg = N(\cos \theta - \mu \sin \theta)$$

$$N = \frac{mg}{(\cos \theta - \mu \sin \theta)}$$

Para força horizontal tem - se que:

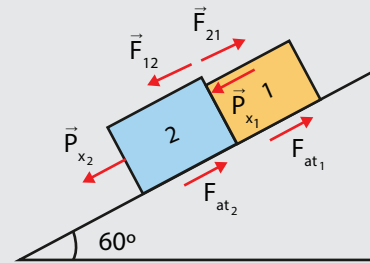
$$m \cdot a = F_{at} \cdot \cos \theta + N \sin \theta \leq \mu \cdot N \cdot \cos \theta + N \cdot \sin \theta$$

$$a \leq g \left(\frac{\mu \cdot \cos \theta + \sin \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta} \right)$$

logo,

$$g \left(\frac{\mu \cos \theta + \sin \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta} \right) \leq a \leq g \left(\frac{\mu \cos \theta - \sin \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta} \right)$$

28.



Forças que agem no sistema

$$P_{x1} = m_1 \cdot g \cdot \sin 60^\circ = 3.10.0,866 = 26 \text{ N}$$

$$P_{x2} = m_2 \cdot g \cdot \sin 60^\circ = 5.10 \cdot \sin 60^\circ = 43,3 \text{ N}$$

$$F_{at1} = \mu \cdot m_1 \cdot g \cdot \cos 60^\circ = 6 \text{ N}$$

$$F_{at2} = \mu \cdot m_2 \cdot g \cdot \cos 60^\circ = 15 \text{ N}$$

considerando os blocos como 1 só corpo.

$$P_{x1} + P_{x2} - A_1 - A_2 = (m_1 + m_2) \cdot a$$

$$26 + 43.3 - 6 - 15 = 8 \cdot a$$

$$a = \frac{48.3}{8}$$

$$a = 6 \text{ m/s}^2$$

Apenas para o bloco 2 tem-se que:

$$P_{x_2} + F_{12} - F_{at_2} = m_2 \cdot a$$

$$43,3 + F_{12} - 15 = 5,6$$

$$F_{12} = 1,8 \text{ N}$$

29.

a)

Para $t < 20$:

$$a = \frac{20 - 0}{20} = 1 \text{ m/s}^2$$

Para $t = 10 \text{ s}$, a velocidade será 10 m/s e a força resultante:

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_m - F_1 - F_2 = m \cdot a$$

$$F_m - 250 - 0,70 \cdot v^2 = m \cdot a$$

$$F_m - 250 - 0,70 \cdot 10^2 = 1500 \cdot 1$$

$$F_m = 1820 \text{ N}$$

b)

Potência pode ser calculada como:

$$P = F \cdot v$$

Para $t < 20$:

$$P = (F_m + F_1 + F_2) \cdot v$$

$$P = (m \cdot a + 250 + 0,7 \cdot v^2) \cdot v$$

$$P = (1500 \cdot 1 + 250 + 0,7 \cdot v^2) \cdot v$$

$$P = 1750v + 0,7v^3$$

Para $20 < t \leq 40$

$$P = (F_1 + F_2) \cdot v$$

$$P = (250 + 0,7v^2) \cdot v, \text{ nesse intervalo } v = 20 \text{ m/s, logo:}$$

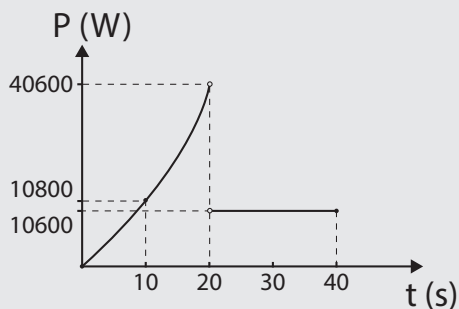
$$P = (250 + 0,7 \cdot 20^2) \cdot 20$$

$$P = 10600 \text{ W}$$

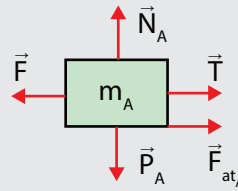
Para traçar o gráfico no intervalo $t < 20 \text{ s}$, observamos que $v = t$

t (s)	P (W)
0	0
10	18200
20	40600

No intervalo $20 < t \leq 40$, a potência é constante e igual a 10600 W



30.

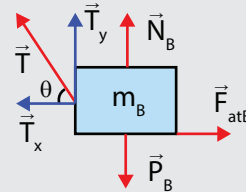


Vertical

$$N_A = P_A$$

Horizontal

$$F - T - F_{atA} = m_A \cdot a$$



Horizontal

$$T_x - F_{atB} = m_b \cdot a$$

Vertical

$$T_y + N_B = P_B$$

Substituindo os valores conhecidos, temos:

$$N_A = 30 \text{ N}$$

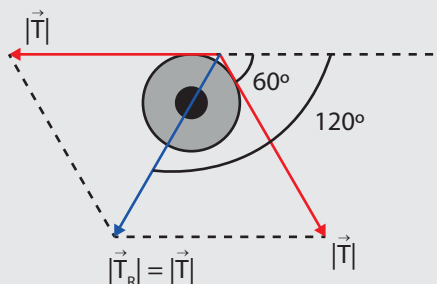
$$F - T - \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 30 = 3a$$

$$T \cdot \cos 60 - \frac{\sqrt{3}}{3} N_B = 5a$$

$$T \cdot \sin 60 + N_B = 50$$

a) $N_A = 30 \text{ N}; N_B = 25 \text{ N}$

b) $28,87 \text{ N}$



De olho no ENEM

1. O cano começa com atrito estático até o pneu deslizar passando a atuar o atrito dinâmico. No A.B.S quando o pneu vai deslizar o sistema solta o pneu e trava novamente em um pequeno intervalo de tempo.

Alternativa a

2.

$$F_{\text{at}} = 0.8 \cdot 3000 \cdot 10$$

$$F_{\text{at}} = 24000 \text{ N}$$

O navio só ira se mover quando $F > 24000 \text{ N}$. Cada polia móvel duplica a força, assim para

$$400 \cdot 2^n > 24000$$

$$n > 6$$

Alternativa "b"