Gabarito Lista 5

•1 Se um corpo-padrão de 1 kg tem uma aceleração de 2,00 m/s² a 20,0° com o semi-eixo x positivo, quais são (a) a componente x e (b) a componente y da força resultante a que o corpo está submetido e (c) qual é a força resultante em termos dos vetores unitários?

A força como grandeza vetorial é dada por:

$$\overrightarrow{F_{res}} = m.\vec{a}$$

ou seja o vetor força tem a mesma direção do vetor aceleração, ou seja, 20^0 com o semi- eixo x positivo. Assim:

a) Calculando-se o módulo da força e suas respectivas componentes serão:

$$F_{res} = 1.2,00 = 2\ N$$

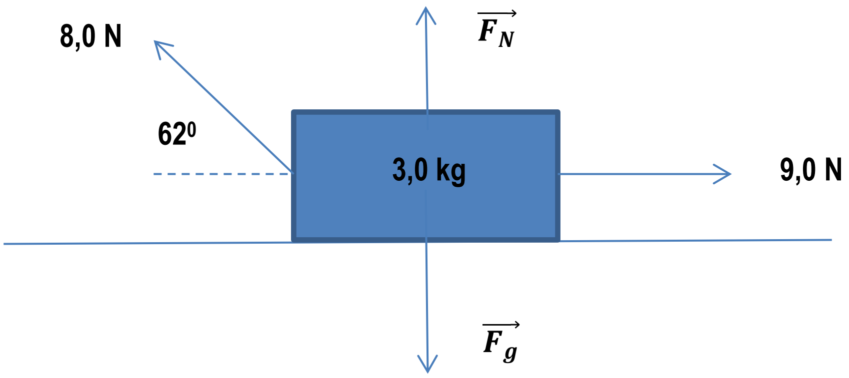
$$F_{res,x} = Fcos\theta = 2cos20^0 = 1,88\ N$$

$$F_{res,y} = Fsen\theta = 2sen20^0 = 0,684\ N$$

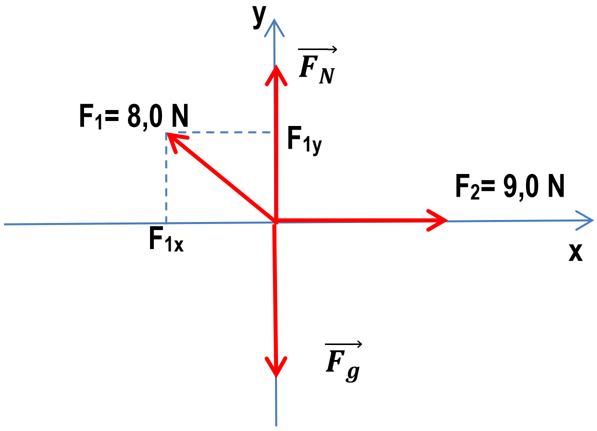
b) Em termos de vetores unitários:

$$\overrightarrow{F_{res}} = (1,88\ N)\hat{\imath} + (0,684\ N)\hat{\jmath}$$

•3 Apenas duas forças horizontais atuam em um corpo de 3,0 kg que pode se mover em um piso sem atrito. Uma força é de 9,0 N e aponta para o leste; a outra é de 8,0 N e atua a 62° ao norte do oeste. Qual é o módulo da aceleração do corpo?



Montando o diagrama de corpo livre:



Decompondo a força F_1, tem-se:

$$F_{1x} = 8,0 cos\ 62^0 = 3,8\ N$$

$$F_{1y} = 8,0 sen\ 62^0 = 7,1\ N$$

Escrevendo a equação vetorial para a força resultante:

$$\overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_g} + \overrightarrow{F_N} = m.\vec{a}$$

$$(-3,8\hat{\imath} + 7,1\hat{\jmath}) + 9,0\hat{\imath} - 29,4\hat{\jmath} + F_N\hat{\jmath} = 3,0.(a_x\hat{\imath} + a_y\hat{\jmath})$$

Resolvendo-se para o eixo x:

$$(-3,8\hat{\imath}) + 9,0\hat{\imath} = 3,0.(a_x\hat{\imath})$$

$$5,2\ \hat{\imath} = 3,0.(a_x\hat{\imath})$$

$$a_x = 1,73\ m/s^2$$

Resolvendo-se para o eixo y:

$$(7,1\hat{\jmath}) - 29,4\hat{\jmath} + F_N\hat{\jmath} = 3,0.(a_y\hat{\jmath})$$

Supondo que a força normal e a força gravitacional tenham a mesma intensidade,

$$(7,1\hat{\jmath}) - 29,4\hat{\jmath} + 29,4\hat{\jmath} = 3,0.(a_y\hat{\jmath})$$

$$(7,1\hat{\jmath}) = 3,0.(a_y\hat{\jmath})$$

$$a_y = 2,37\ m/s^2$$

A aceleração será

$$\vec{a} = (1,73\hat{\imath} + 2,37\hat{\jmath})m/s^2$$

Cujo módulo é:

$$a = 2,93\ m/s^2$$

••4 Um objeto de 2,00 kg está sujeito a três forças, que lhe imprimem uma aceleração $\vec{a} = -(8{,}00\ m/s^2)\hat{i} + (6{,}00\ m/s^2)\hat{j}$. Se duas das três forças são $\vec{F}_1 = (30{,}0\ N)\hat{i} + (16{,}0\ N)\hat{j}$ e $\vec{F}_2 = -(12{,}0\ N)\hat{i} + (8{,}00\ N)\hat{j}$, determine a terceira força.

A força resultante é dada por:

$$\overrightarrow{F_{res}} = m.\vec{a}$$

Assim, chamando a força desconhecida de $\vec{F}$, tem-se a equação vetorial do movimento:

$$(30,0\hat{\imath} + 16,0\hat{\jmath}) + (-12,0\hat{\imath} + 8,00\hat{\jmath}) + \vec{F} = 2,00.(-8.00\hat{\imath} + 6,00\hat{\jmath})$$

Resolvendo:

$$(18,0\hat{\imath} + 24,0\hat{\jmath}) + \vec{F} = (-16,0\hat{\imath} + 12,0\hat{\jmath})$$

$$\vec{F} = (-34,0\hat{\imath} - 12,0\hat{\jmath})N$$

••6 Sob a ação de duas forças, uma partícula se move com velocidade constante $\vec{v} = (3\ m/s)\hat{i} - (4\ m/s)\hat{j}$. Uma das forças é $\vec{F}_1 = (2\ N)\hat{i} + (-6\ N)\hat{j}$. Qual é a outra?

A força resultante é dada por:

$$\overrightarrow{F_{res}} = m.\vec{a}$$

Mas a partícula tem velocidade constante, ou seja, sua aceleração é nula. Assim chamando a força desconhecida de $\vec{F}$, tem-se a equação vetorial do movimento:

$$(2\hat{\imath} - 6\hat{\jmath}) + \vec{F} = \vec{0}$$

Resolvendo:

$$\vec{F} = (-2\hat{\imath} + 6\hat{\jmath})N$$

••9 Uma partícula de 2,0 kg se move ao longo de um eixo x sob a ação de uma força variável. A posição da partícula é dada por $x = 3,0 \text{ m} + (4,0 \text{ m/s})t + ct^2 - (2,0 \text{ m/s}^3)t^3$, com x em metros e t em segundos. O fator c é uma constante. No instante $t = 3,0$ s a força que age sobre a partícula tem um módulo de 36 N e aponta no sentido negativo do eixo x. Qual é o valor de c?

A força resultante é dada por:

$$\overrightarrow{F_{res}} = m.\vec{a}$$

Tem-se a força no instante 3 s. Da equação da posição pode-se determinar a equação da aceleração e calcular esta para o mesmo instante e assim determina-se c. Assim:

$$a(t) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}(3,0 + 4,0t + ct^2 - 2,0t^3)\right)$$

$$a(t) = \frac{d}{dt}\left(4,0 + 2ct \quad - 6,0t^2\right)$$

$$a(t) = 2,0c - 12t$$

Assim a força será no instante t=3 s:

$$F(t) = m.a(t)$$
$$F(t) = m.(2,0c - 12t)$$

$-36 = 2,0.((2,0c - 12(3))$ **(menos 36 N pois a força aponta para o sentido negativo)**

$$c = \frac{36}{4} = 9$$

Qual é a unidade da constante c?

Fazendo-se a análise dimensional vem:

$$[x] = [x] + [x][t]^{-1}.[t] + [c].[t]^2 - [x].[t]^{-3}.[t]^3$$

$$[L] = [L] + [L][T]^{-1}.[T] + [c].[T]^2 - [L].[T]^{-3}.[T]^3$$

$$[L] = [L] + [L] + [c].[T]^2 - [L]$$

$$[L] = [c].[T]^2$$

$$[c] = [L][T]^{-2}$$

No S.I:

$$c = 9\ m/s^2$$

•13 (a) Um salame de 11,0 kg está pendurado por uma corda em uma balança de mola, que está presa ao teto por outra corda (Fig. 5-35*a*). Qual é a leitura da balança, cuja escala está em unidades de peso? (b) Na Fig. 5-35*b* o salame está suspenso por uma corda que passa por uma roldana e está presa a uma balança de mola. A extremidade oposta da balança está presa a uma parede por outra corda. Qual é a leitura da balança? (c) Na Fig. 5-35*c* a parede foi substituída por um segundo salame de 11,0 kg e o sistema está em repouso. Qual é a leitura da balança?

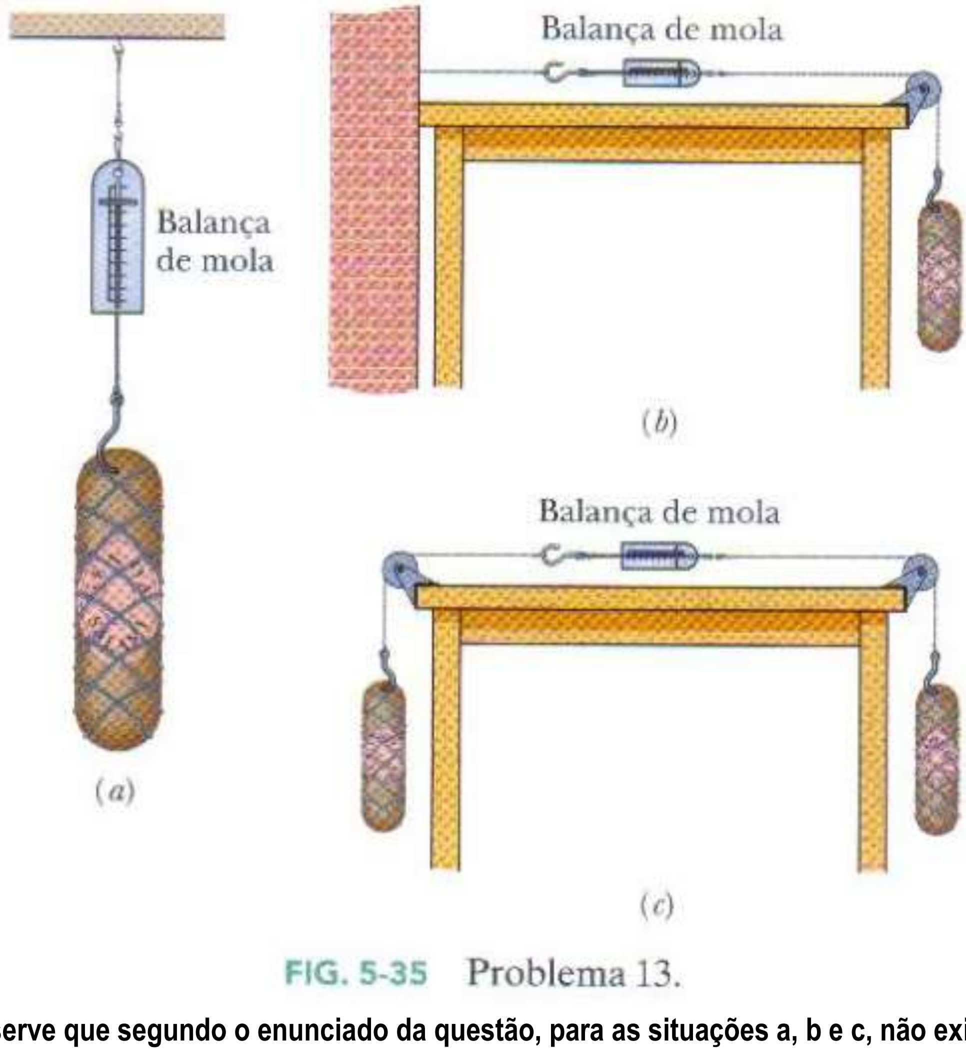


FIG. 5-35 Problema 13.

Observe que segundo o enunciado da questão, para as situações a, b e c, não existe aceleração do sistema. O fato de não existir aceleração no sistema implica que ele estará em repouso ou em movimento com velocidade constante ou seja a aceleração será nula. Assim, as tensões nas cordas deverão ter as mesmas intensidades. Desta forma, a leitura da balança deverá ser igual a tensão na corda que corresponderá à força gravitacional atribuída ao salame, pois o salame não está para a situação descrita acelerado. Assim a leitura da balança LB será:

$$LB = m.g = 11,0 \, , 9,80 = 108 \, N$$

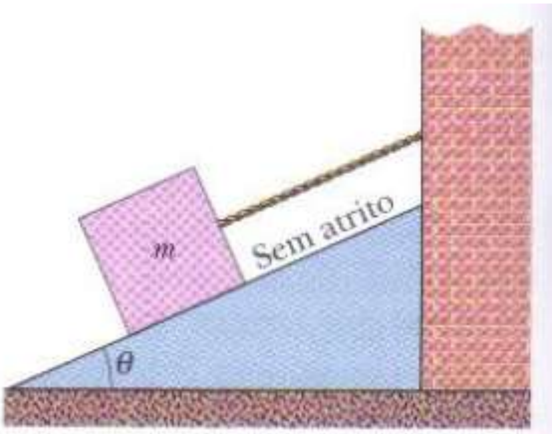
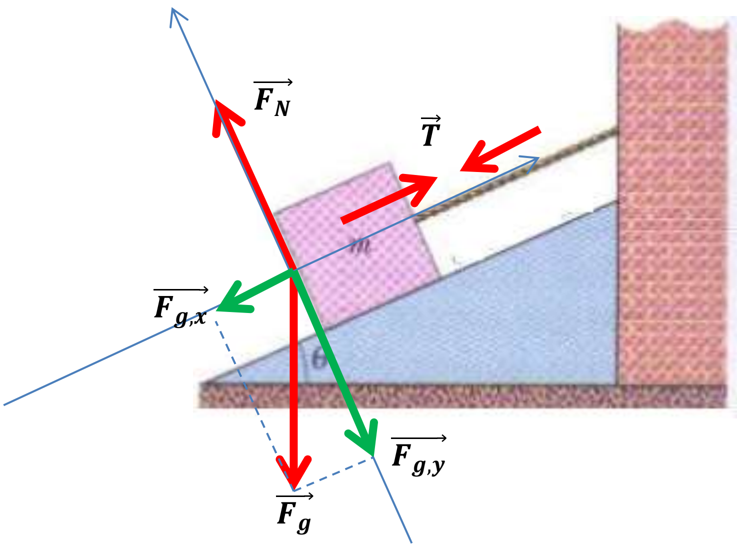


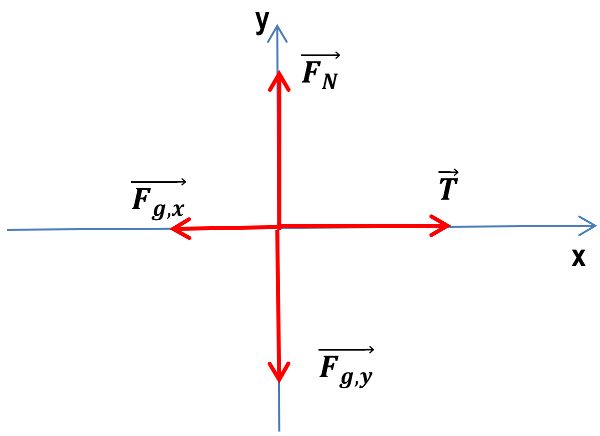
FIG. 5-38 Problema 19.

•19 Na Fig. 5-38, a massa do bloco é 8,5 kg e o ângulo θ é 30°. Determine (a) a tensão na corda e (b) a força normal que age sobre o bloco. (c) Determine o módulo da aceleração do bloco se a corda for cortada.

Inicialmente deve - se marcar todas as forças que atuam no sistema.



O diagrama de corpo livre será:



Calculando as componentes da força gravitacional:

$$\overrightarrow{F_{g,x}} = 8,5.9,8.sen30^0 = 42\ N$$

$$\overrightarrow{F_{g,y}} = 8,5.9,8.cos30^0 = 72\ N$$

Escrevendo a equação vetorial para a força resultante:

$$\vec{T} + \overrightarrow{F_g} + \overrightarrow{F_N} = m.\vec{a}$$

Em componentes e vetores unitários:

$$T\ \ \hat{\imath} + (-42\hat{\imath} - 72\hat{\jmath} + F_N\hat{\jmath} = 8,5.(a_x\hat{\imath} + a_y\hat{\jmath})$$

Como não há aceleração:

$$T\ \ \hat{\imath} + (-42\hat{\imath} - 72\hat{\jmath} + F_N\hat{\jmath} = 8,5.\vec{0}$$

Resolvendo para o eixo x:

$$T\ \ \hat{\imath} - 42\hat{\imath} = 0$$

$$T\ \ \ = 42\ N$$

Resolvendo para o eixo y:

$$-72\hat{\jmath} + F_N\hat{\jmath} = 0$$

$$F_N = 72\ N$$

c) Se a corda for cortada o bloco deslizará plano abaixo. Assim:

$$0\hat{\imath} - 42\hat{\imath} - 72\hat{\jmath} + 72\hat{\jmath} = 8,5.(a_x\hat{\imath} + a_y\hat{\jmath})$$

Somente se terá aceleração ao longo do eixo x assim:

$$0\hat{\imath} - 42\hat{\imath} - 72\hat{\jmath} + 72\hat{\jmath} = 8,5.(a_x\hat{\imath})$$

$$-42\hat{\imath} = 8,5.(a_x\hat{\imath})$$

$$a_x = -4,9\ m/s^2$$

•20 Existem duas forças horizontais atuando na caixa de 2,0 kg, mas a vista superior da Fig. 5-39 mostra apenas uma (de módulo F_1 = 20 N). A caixa se move ao longo do eixo x. Para cada um dos valores da aceleração a_x da caixa, determine a segunda força em termos dos vetores unitários: (a) 10 m/s², (b) 20 m/s², (c) 0, (d) −10 m/s² e (e) −20 m/s².

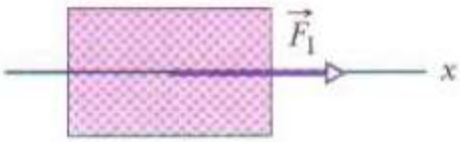


FIG. 5-39 Problema 20.

A força resultante é dada por:

$$\overrightarrow{F_{res}} = m.\vec{a}$$

a)

$$\overrightarrow{F_1} + \vec{F} = m.\vec{a}$$

Como o movimento é em uma dimensão (eixo x):

$$F_1 + F = m.a$$

$$20 + F = 2,0.(10)$$

$$F = 20 - 20 = 0\ N$$

b)

$$F_1 + F = m.a$$

$$20 + F = 2,0.(20)$$

$$F = 40 - 20 = 20\ N$$

c)

$$F_1 + F = m.a$$

$$20 + F = 2,0.(-10)$$

$$F = -20 - 20 = -40\ N$$

d)

$$F_1 + F = m.a$$

$$20 + F = 2,0.(-20)$$

$$F = -40 - 20 = -60\ N$$

••53 Dois blocos estão em contato em uma mesa sem atrito. Uma força horizontal é aplicada ao bloco maior, como mostra a Fig. 5-51. (a) Se $m_1 = 2{,}3$ kg, $m_2 = 1{,}2$ kg e $F = 3{,}2$ N, determine o módulo da força entre os dois blocos. (b) Mostre que se uma força de mesmo módulo F for aplicada ao menor dos blocos no sentido oposto, o módulo da força entre os blocos será 2,1 N, que não é o mesmo valor calculado no item (a). (c) Explique a razão da diferença.

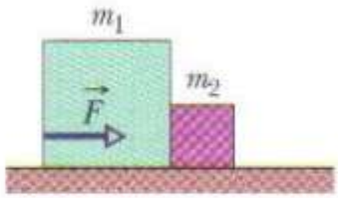
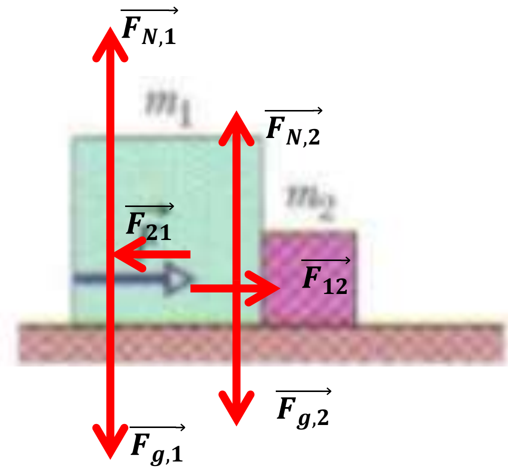
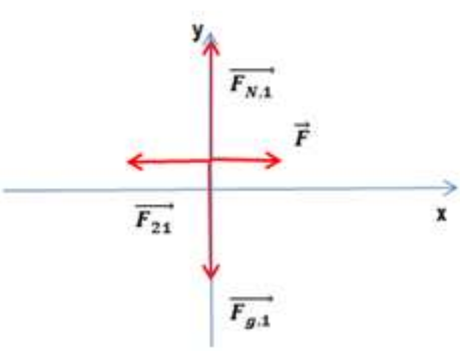


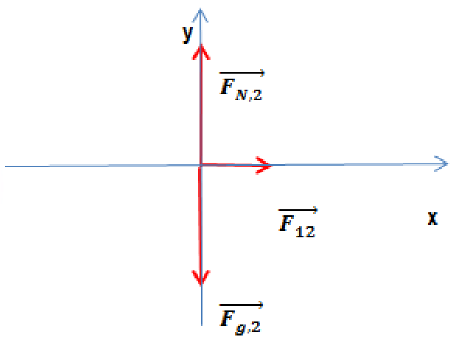
FIG. 5-51 Problema 53.

Inicialmente deve - se marcar todas as forças que atuam no sistema.



O diagrama de corpo livre para o corpo 1 e 2 será:





A equação do movimento vetorial para os corpos será:
1)

$$\vec{F} + \vec{F_{21}} + \vec{F_{N1}} + \vec{F_{g1}} = m_1 . \vec{a}$$

2)

$$\overrightarrow{F_{12}} + \overrightarrow{F_{N2}} + \overrightarrow{F_{g2}} = m_2.\vec{a}$$

A força gravitacional será:

$$F_{g1} = m_1 g = 2,3.9,8 = 22,5\ N$$

$$F_{g2} = m_2 g = 1,2.9,8 = 11,8\ N$$

Assim as equações em termos de vetores unitários serão:

$$3,2\hat{\imath} - F_{21}\hat{\imath} + F_{N1}\hat{\jmath} - 22,5\hat{\jmath} = 2,3a\hat{\imath}$$

$$F_{12}\hat{\imath} + F_{N2}\hat{\jmath} - 11,8\hat{\jmath} = 1,2a\hat{\imath}$$

Resolvendo-se as equações para eixo x e y:

$$3,2\hat{\imath} - F_{21}\hat{\imath} + F_{N1}\hat{\jmath} - 22,5\hat{\jmath} = 2,3a\hat{\imath} \begin{cases} 3,2\hat{\imath} - F_{21}\hat{\imath} = 2,3a\hat{\imath} \to 3,2 - F_{21} = 2,3a\ (1) \\ F_{N1}\hat{\jmath} - 22,5\hat{\jmath} = \vec{0} \to F_{N1} = 22,5\ N \end{cases}$$

$$F_{12}\hat{\imath} + F_{N2}\hat{\jmath} - 11,8\hat{\jmath} = 1,2a\hat{\imath} \begin{cases} F_{12}\hat{\imath} = 1,2a\hat{\imath} \to F_{12} = 1,2a\ \ (2) \\ F_{N2}\hat{\jmath} - 11,8\hat{\jmath} = \vec{0} \to F_{N2} = 11,8\ N \end{cases}$$

Lembrando que $F_{12} = F_{21}$Com a equação 2 em 1 vem:

$$3,2 - 1,2a = 2,3a$$

$$a = \frac{3,2}{3,5} = 0,91\ m/s^2$$

Com a aceleração na equação 2 vem:

$$F_{12} = 1,2(0,91) = 1,1\ N$$

b)

A equação do movimento vetorial para os corpos nesta situação será:
1)

$$\overrightarrow{F_{21}} + \overrightarrow{F_{N1}} + \overrightarrow{F_{g1}} = m_1.\vec{a}$$

2)

$$\overrightarrow{\vec{F} + F_{12}} + \overrightarrow{F_{N2}} + \overrightarrow{F_{g2}} = m_2.\vec{a}$$

Assim as equações em termos de vetores unitários serão:

$$-\boldsymbol{F_{21}\hat{\imath}} + \boldsymbol{F_{N1}\hat{\jmath}} - \mathbf{22,5}\boldsymbol{\hat{\jmath}} = \mathbf{2,3}\boldsymbol{a\hat{\imath}}$$

$$-\mathbf{3,2}\boldsymbol{\hat{\imath}} + \boldsymbol{F_{12}\hat{\imath}} + \boldsymbol{F_{N2}\hat{\jmath}} - \mathbf{11,8}\boldsymbol{\hat{\jmath}} = \mathbf{1,2}\boldsymbol{a\hat{\imath}}$$

Resolvendo-se as equações para eixo x e y:

$$-F_{21}\hat{\imath} + F_{N1}\hat{\jmath} - 22,5\hat{\jmath} = 2,3a\hat{\imath} \begin{cases} -F_{21}\hat{\imath} = 2,3a\hat{\imath} \rightarrow -F_{21} = 2,3a \ (1) \\ \\ F_{N1}\hat{\jmath} - 22,5\hat{\jmath} = \vec{0} \rightarrow F_{N1} = 22,5\ N \end{cases}$$

$$-3,2\hat{\imath} + F_{12}\hat{\imath} + F_{N2}\hat{\jmath} - 11,8\hat{\jmath} = 1,2a\hat{\imath} \begin{cases} -3,2\hat{\imath} + F_{12}\hat{\imath} = 1,2a\hat{\imath} \rightarrow -3,2 + F_{12} = 1,2a \ \ (2) \\ \\ F_{N2}\hat{\jmath} - 11,8\hat{\jmath} = \vec{0} \rightarrow F_{N2} = 11,8\ N \end{cases}$$

Lembrando que $F_{12} = F_{21}$Com a equação 1 em 2 vem:

$$-3,2 - 2,3a = 1,2a$$

$$a = \frac{-3,2}{3,5} = -0,91\ m/s^2$$

Com a aceleração na equação 2 vem:

$$F_{12} = 2,3(0,91) = 2,1\ N$$

c) **Observe que a aceleração dos dois blocos é a mesma, mudando somente o sentido em função do sentido de atuação da força. Na letra a a força atuava sobre o bloco com maior massa e na letra b sobre o bloco de menor massa, porém o cálculo da força na letra a) vem do produto da menor massa pela aceleração resultando em 1,1 N. Na situação b) a força atua no bloco de menor massa, mas a força de contato vem do produto da maior massa pela aceleração resultando na força de 2,1 N.**

••59 Um bloco de massa m_1 = 3,70 kg sobre um plano sem atrito inclinado, de ângulo θ = 30,0°, está preso por uma corda de massa desprezível, que passa por uma polia de massa e atrito desprezíveis, a um outro bloco de massa m_2 = 2,30 kg (Fig. 5-55). Quais são (a) o módulo da aceleração de cada bloco, (b) a orientação da aceleração do bloco que está pendurado e (c) a tensão da corda?

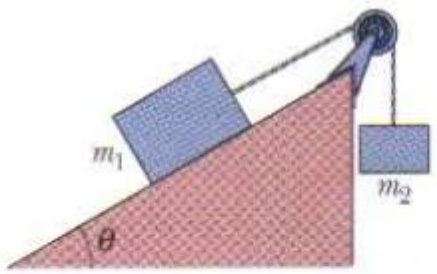
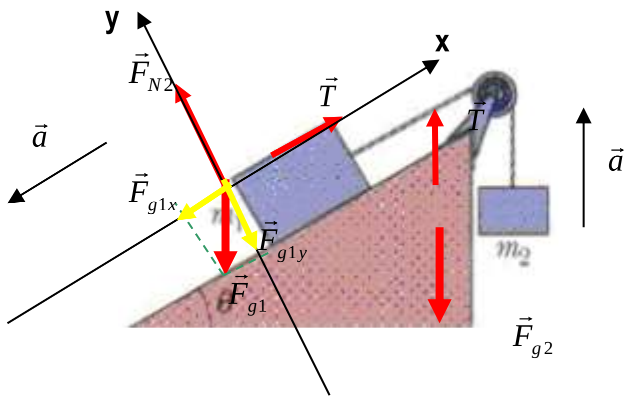
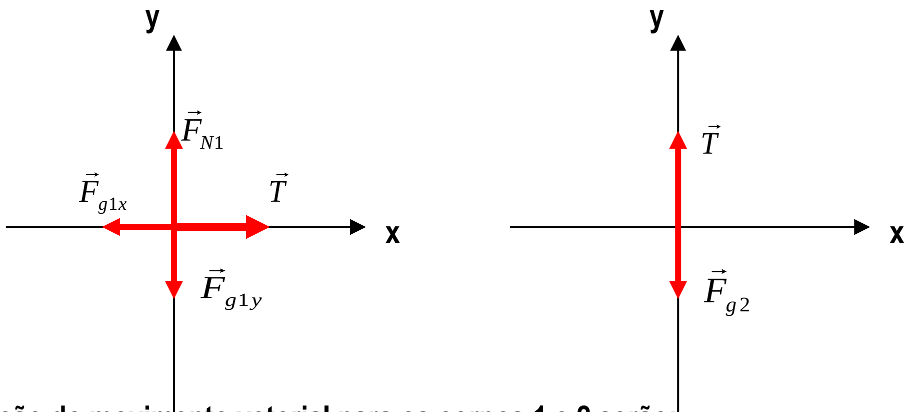


FIG. 5-55 Problema 59.

Marcando as forças que atuam nos corpos



Montando o diagrama de corpo livre para cada corpo.



A equação do movimento vetorial para os corpos 1 e 2 serão:

1 - $\vec{F}_{g1} + \vec{F}_{N1} + \vec{T} = m_1\vec{a}$ **2 -** $\vec{F}_{g2} + \vec{T} = m_2\vec{a}$

Em termos de vetor unitário

1 - $(-F_{g1x}\hat{i} - F_{g1y}\hat{j}) + F_{N1}\hat{j} + T\hat{i} = m_1(-a_x\hat{i})$ **2 -** $-F_{g2}\hat{j} + T\hat{j} = m_2 a_y\hat{j}$

As componentes da força gravitacional do corpo 1 e a força gravitacional do corpo 2 serão:

$F_{g1x} = 3{,}70.9{,}80 sen 30 = 18{,}1N$

$F_{g1y} = 3{,}70.9{,}80 \cos 30 = 31{,}4N$

$F_{g2} = 2{,}30.9{,}80 = 22{,}5N$

Assim

1 - $(-18{,}1\hat{i} - 31{,}4\hat{j}) + F_{N1}\hat{j} + T\hat{i} = 3{,}70(-a_x\hat{i})$ **2 -** $-22{,}5\hat{j} + T\hat{j} = 2{,}30a_y\hat{j}$

Resolvendo-se a equação 1 para o eixo x e eixo y, vem:

$(-18{,}1\hat{i}) + T\hat{i} = 3{,}70(-a_x\hat{i}) \Rightarrow T - 18{,}1 = -3{,}70a_x$

$-31{,}4\hat{j} + F_{N1}\hat{j} = \vec{0} \Rightarrow F_{N1} = 31{,}4N$

Resolvendo-se a equação 2 para o eixo y, pois não existem componentes no eixo x, vem:

$-22{,}5\hat{j} + T\hat{j} = 2{,}30a_y\hat{j} \Rightarrow -22{,}5 + T = 2{,}30a_y$

Pelo fato dos dois corpos possuírem a mesma aceleração, a_x=a_y=a. Assim:

$T - 18{,}1 = 3{,}70a_x \Rightarrow T - 18{,}1 = -3{,}70a(1)$

$-22{,}5 + T = 2{,}30a_y \Rightarrow -22{,}5 + T = 2{,}30a(2)$

Resolvendo as equações 1 e 2 vem:

$2{,}30a + 22{,}5 - 18{,}1 = -3{,}70a$

$$a = \frac{-4{,}40}{6{,}00} = -0{,}73m/s^2$$

Observe que a aceleração resultou com sinal negativo indicando que o sentido adotado no início da resolução para a aceleração é contrário. Assim a aceleração do bloco m_1 será paralela ao plano e terá sentido para cima, e do bloco m_2 terá direção vertical para baixo.

Em termos de vetores unitários a aceleração de m_1 será:

$\vec{a}_1 = (0{,}73\cos 30)\hat{i} + (0{,}73 sen 30)\hat{j}$

$\vec{a}_1 = (0{,}63\hat{i} + 0{,}37\hat{j})m/s^2$

A aceleração do bloco m_2 será:

$\vec{a}_2 = (-0{,}73\hat{j})m/s^2$

A tensão na corda será:

$T = -3{,}70(-0{,}73) + 18{,}1 = 20{,}8N$

•••65 A Fig. 5-57 mostra três blocos ligados por cordas que passam por polias sem atrito. O bloco *B* está sobre uma mesa sem atrito; as massas são $m_A = 6{,}00$ kg, $m_B = 8{,}00$ kg e $m_C = 10{,}0$ kg. Quando os blocos são liberados qual é a tensão da corda da direita?

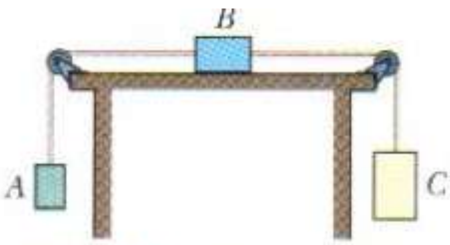
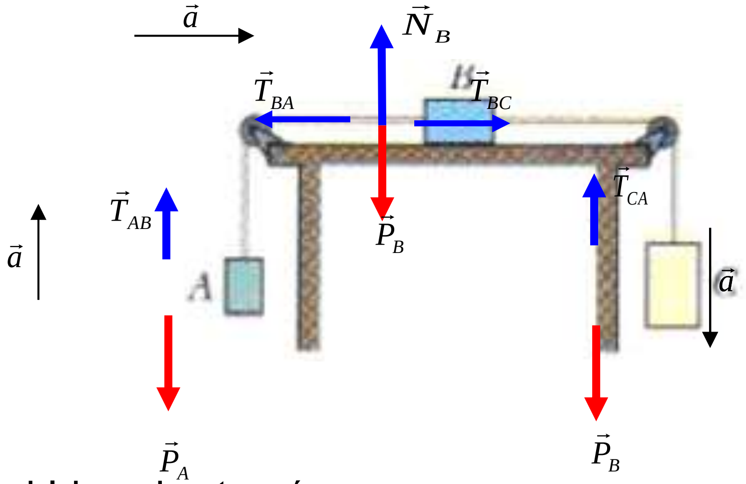


FIG. 5-57 Problema 65.

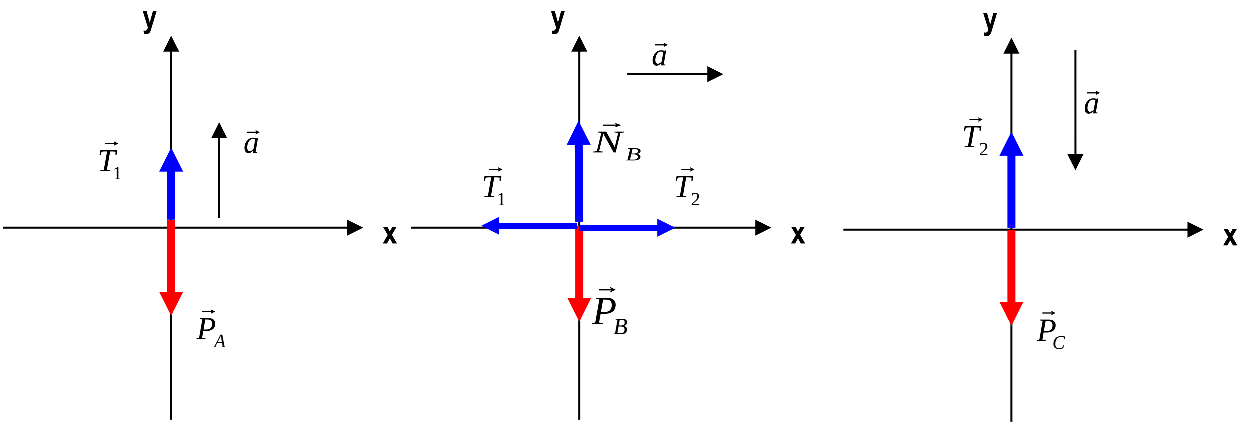
Marcando as forças que atuam sobre os corpos. Chamando a força gravitacional de P e as tensões nas cordas como T, lembrando que $|\vec{T}_{AB}| = |\vec{T}_{BA}| = |\vec{T}_1|$ e $|\vec{T}_{BC}| = |\vec{T}_{CB}| = |\vec{T}_2|$**. Elo fato da massa do corpo C ser maior o sistema deve ter uma aceleração no sentido de descida deste corpo.**



A equação vetorial do movimento será:

$$\vec{P}_A + \vec{T}_{AB} + \vec{T}_{BA} + \vec{N}_B + \vec{P}_B + \vec{T}_{BC} + \vec{T}_{CA} + \vec{P}_B = m.\vec{a}$$

Separando os corpos e montando o diagrama de corpo livre:



Montando a equação de movimento para cada corpo separadamente:

Corpo A

$$\vec{T}_1 + \vec{P}_A = m_A.\vec{a} \Rightarrow T_1\hat{j} - P_A\hat{j} = m_A a\hat{j}$$

Corpo B

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{P}_B + \vec{N}_B = m_B.\vec{a} \Rightarrow -T_1\hat{i} - P_B\hat{j} + N_B\hat{j} + \vec{T}_2\hat{i} = m_B a\hat{i}$$

Corpo C

$\vec{T}_2 + \vec{P}_C = m_C.\vec{a} \Rightarrow T_2\hat{j} - P_C\hat{j} = -m_C a\hat{j}$

Calculando a força gravitacional de cada corpo:

$P_A = 6,00.9,80 = 58,8N$

$P_B = 8,00.9,80 = 78,4N$

$P_C = 10,0.9,80 = 98,0N$

Corpo A

$T_1\hat{j} - 58,8\hat{j} = 6,00a\hat{j} \Rightarrow T_1 - 58,8 = 6,00.a \quad (1)$

Corpo B

$$-T_1\hat{i} - 78,4\hat{j} + N_B\hat{j} + \vec{T}_2\hat{i} = 8,00a\hat{i} \Rightarrow \begin{cases} eixo \text{ x}: \text{-T}_1 + T_2 = 8,00a \quad (2) \\ eixo \text{ y}: \text{-78,4} + \text{N}_\text{B} = 0 \Rightarrow N_B = 78,4N \end{cases}$$

Corpo C

$\vec{T}_2 + \vec{P}_C = m_C.\vec{a} \Rightarrow T_2\hat{j} - P_C\hat{j} = -m_C a\hat{j} \Rightarrow T_2 - 98,0 = -10,0.a \quad (3)$

Da equação (1) isola-se T_1.

$T_1 = 58,8 + 6,00.a \quad (4)$

Com (4) em (2)

$-58,8 - 6,00.a + T_2 = 8,00a \quad \Rightarrow \text{T}_2 = 14,0a + 58,8 \quad (5)$

Com (5) em (3) vem:

$$14,0a + 58,8 - 98,0 = -10,0.a \Rightarrow a = \frac{39,2}{24} = 1,63m/s^2$$

As tensões serão:

$T_1 = 58,8 + 6,00.1,63 = 68,6N$

$\text{T}_2 = 14,0.1,63 + 58,8 = 81,8N$

74 Três forças atuam sobre uma partícula que se move com velocidade constante $\vec{v} = (2\text{ m/s})\hat{\text{i}} - (7\text{ m/s})\hat{\text{j}}$. Duas das forças são $\vec{F}_1 = (2\text{ N})\hat{\text{i}} + (3\text{ N})\hat{\text{j}} + (-2\text{ N})\hat{\text{k}}$ e $\vec{F}_2 = (-5\text{ N})\hat{\text{i}} + (8\text{ N})\hat{\text{j}} + (-2\text{ N})\hat{\text{k}}$. Qual é a terceira força?

Como a partícula se move com velocidade constante, isto implica que a aceleração será nula, assim:

$\vec{F}_{res} = m.\vec{a} = \vec{0}$

$(2\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}) + (-5\hat{i} + 8\hat{j} - 2\hat{k}) + \vec{F}_3 = \vec{0}$

$\vec{F}_3 = (3\hat{i} - 11\hat{j} + 4\hat{k})N$

77 Na Fig. 5-63, o bloco A de 4,0 kg e o bloco B de 6,0 kg estão conectados por uma corda de massa desprezível. A força $\vec{F}_A = (12\ \text{N})\hat{i}$ atua sobre o bloco A; a força $\vec{F}_B = (24\ \text{N})\hat{i}$ atua sobre o bloco B. Qual é a tensão na corda?

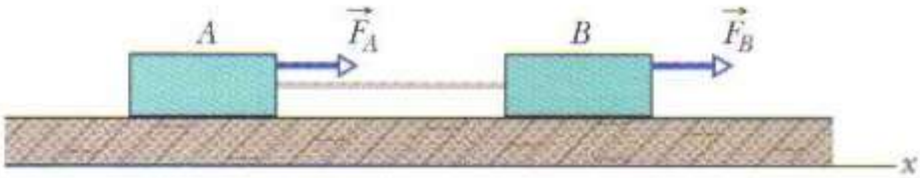
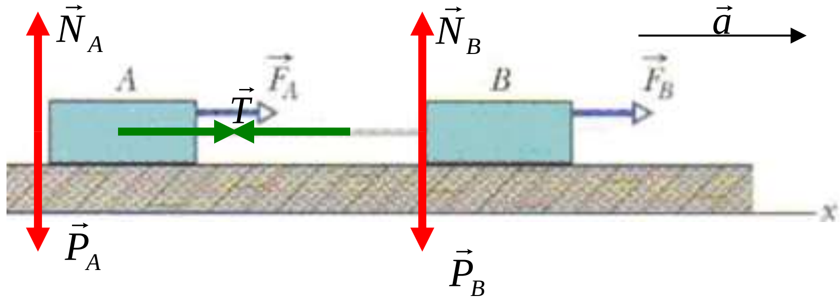
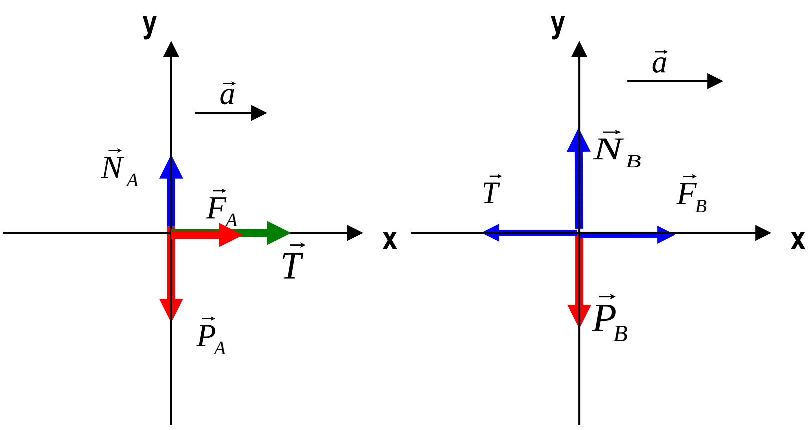


FIG. 5-63 Problema 77.

Marcando as forças que atuam sobre os corpos:





A equação vetorial do movimento de cada corpo será:
Corpo A

$$\vec{T} + \vec{F}_A + \vec{P}_A + \vec{N}_A = m_A.\vec{a} \Rightarrow T\hat{i} + 12\hat{i} - 39{,}2\hat{j} + \vec{N}_A = 4{,}0a\hat{i} \Rightarrow \begin{cases} T + 12 = 4{,}0a \quad (1) \\ -39{,}2 + N_A = 0 \Rightarrow N_A = 39{,}2N \end{cases}$$

Corpo B

$$\vec{T} + \vec{F}_B + \vec{P}_B + \vec{N}_B = m_B.\vec{a} \Rightarrow -T + 24\hat{i} - 58{,}8\hat{j} + N_B\hat{j} = 6{,}0a\hat{i} \Rightarrow \begin{cases} -T + 24 = 6{,}0a \quad (2) \\ -58{,}8 + N_B = 0 \Rightarrow N_B = 58{,}8N \end{cases}$$

Isolando da equação (1) T, vem:

$T = 4{,}0a\ \ \text{-}12\ \ (3)$

Com (3) em (2) vem:

$$-4,0a + 12 + 24 = 6,0a \Rightarrow \mathrm{a} = \frac{36}{10} = 3,6 m/s^2$$

O módulo da tensão na corda será:

$$T = 4,0(3,6)\ \ \text{-}12 = 2,4N$$

Em termos de vetores unitários

$$\vec{T}_{AB} = (2,4\hat{i})N$$

$$\vec{T}_{BA} = -(2,4\hat{i})N$$

92 Se a massa-padrão de 1 kg é acelerada por apenas duas forças, $\vec{F}_1 = (3{,}0\ \mathrm{N})\hat{\mathrm{i}} + (4{,}0\ \mathrm{N})\hat{\mathrm{j}}$ e $\vec{F}_2 = (-2{,}0\ \mathrm{N})\hat{\mathrm{i}} + (-6{,}0\ \mathrm{N})\hat{\mathrm{j}}$, qual é a força resultante $\vec{F}_{res}$ (a) em termos dos vetores unitários e em termos (b) do módulo e (c) do ângulo em relação ao sentido positivo do eixo x? Quais são (d) o módulo e (e) o ângulo de $\vec{a}$?

a) A força resultante será:

$$\vec{F}_{res} = (3,0\hat{i} + 4,0\hat{j}) + (-2,0\hat{i} - 6,0\hat{j}) = (\hat{i} - 2,0\hat{j})N$$

b) $F_{res} = \sqrt{(1,0)^2 + (-2,0)^2} = \sqrt{5} = 2,2N$

c) $\theta = arctg\dfrac{-2,0}{1,0} = -63^0$

d) A aceleração será:

$$\vec{F}_{res} = m.\vec{a}$$

$$\hat{i} - 2,0\hat{j} = 1.\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = (\hat{i} - 2,0\hat{j})m/s^2$$

Cujo módulo é:

$$a = \sqrt{(1,0)^2 + (-2,0)^2} = \sqrt{5} = 2,2m/s^2$$

E ângulo $\theta = arctg\dfrac{-2,0}{1,0} = -63^0$

Observe que como era de se esperar a aceleração tem a mesma direção e sentido da força resultante e neste caso a mesma intensidade pois a massa é unitária.

99 A Fig. 5-68 mostra uma caixa de dinheiro sujo (massa m_1 = 3,0 kg) sobre um plano inclinado sem atrito de ângulo θ_1 = 30°. A caixa está ligada por uma corda de massa desprezível a uma caixa de dinheiro lavado (massa m_2 = 2,0 kg) situada sobre um plano inclinado sem atrito de ângulo θ_2 = 60°. A polia não tem atrito e sua massa é desprezível. Qual é a tensão da corda?

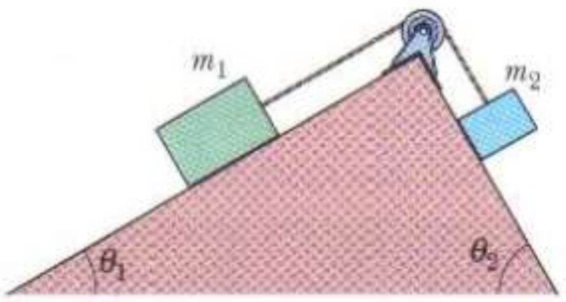
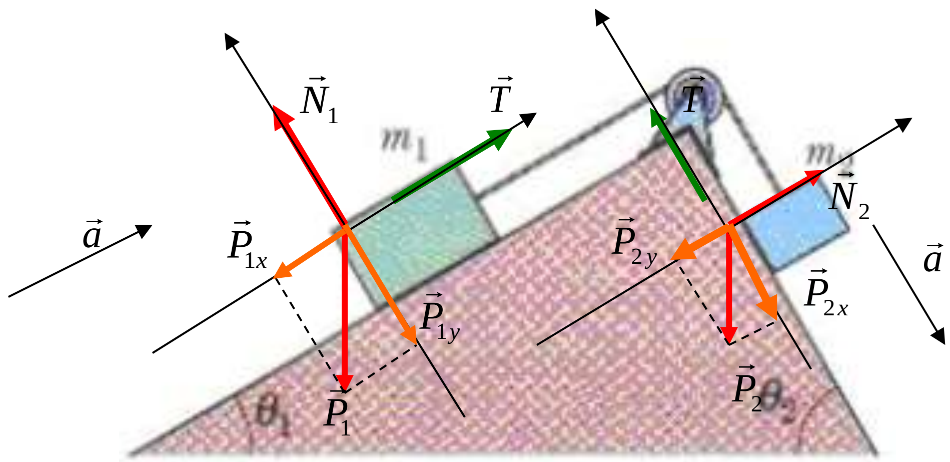


FIG. 5-68 Problema 99.



Decompondo as forças gravitacionais:

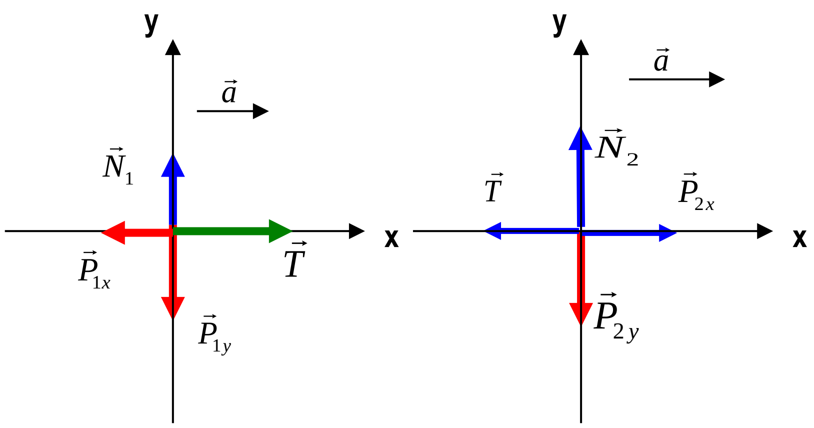
$P_{1x} = 3{,}0.9{,}8 sen 30 = 15N$

$P_{1y} = 3{,}0.9{,}8.\cos 30 = 26N$

$P_{2x} = 2{,}0.9{,}8.sen 60 = 17N$

$P_{2y} = 2{,}0.9{,}8.\cos 60 = 10N$

O diagrama de corpo livre para cada corpo



A equação vetorial do movimento de cada corpo será:
Corpo 1

$$\vec{P}_1 + \vec{T} + \vec{P}_1 + \vec{N}_1 = m_1.\vec{a} \Rightarrow (-15\hat{i} - 26\hat{j}) + T\hat{i} + N_1\hat{j} = 3{,}0a\hat{i} \Rightarrow \begin{cases} -15 + T = 3{,}0a \quad (1) \\ -26 + N_1 = 0 \Rightarrow N_1 = 26N \end{cases}$$

Corpo 2

$$\vec{T} + \vec{P}_2 + \vec{N}_2 = m_2.\vec{a} \Rightarrow -T\hat{i} + (17\hat{i} - 10\hat{j}) + N_2\hat{j} = 2{,}0a\hat{i} \Rightarrow \begin{cases} -T + 17 = 2{,}0a \quad (2) \\ -10 + N_2 = 0 \Rightarrow N_2 = 10N \end{cases}$$

Isolando da equação (1) T, vem:

$$T = 3{,}0a + 15 \quad (3)$$

Com (3) em (2) vem:

$$-3{,}0a - 15 + 17 = 2{,}0a \Rightarrow \mathrm{a} = \frac{2}{5} = 0{,}4m/s^2$$

O módulo da tensão na corda será:

$$T = 3{,}0(0{,}4) + 15 = 16N$$

Em termos de vetores unitários

$$\vec{T}_{12} = (16\hat{i})N$$

$$\vec{T}_{21} = -(16\hat{i})N$$

•7 Um bloco de 3,5 kg é empurrado ao longo de um piso horizontal por uma força $\vec{F}$ de módulo 15 N que faz um ângulo $\theta = 40°$ com a horizontal (Fig. 6-20). O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o piso é 0,25. Calcule (a) o módulo da força de atrito que o piso exerce sobre o bloco e (b) o módulo da aceleração do bloco.

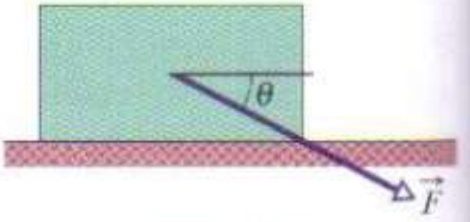
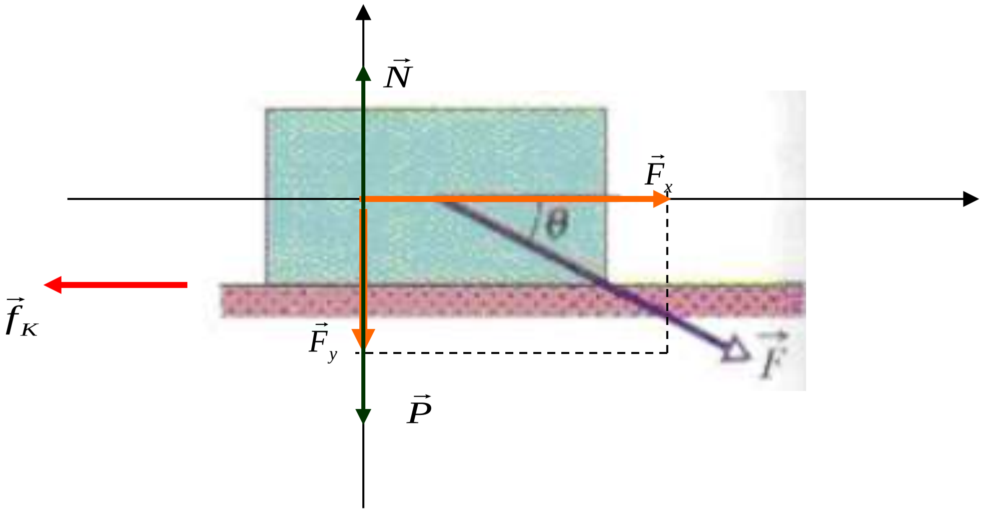


FIG. 6-20 Problemas 7 e 24.

Marcando as forças que atuam sobre o corpo:



Decompondo a Força F

$F_x = 15\cos 40 = 11{,}5N$

$F_y = 15 sen 40 = 9{,}6N$

A força gravitacional será:

$P = 3{,}5.9.8 = 34{,}3N$

A equação vetorial do movimento será:

$$\vec{P} + \vec{F} + \vec{N} + \vec{f}_K = m.\vec{a}$$

$$-34{,}3\hat{j} + (11{,}5\hat{i} - 9{,}6\hat{j}) + N\hat{j} - f_K\hat{i} = 3{,}5a\hat{i} \Rightarrow \begin{cases} 11{,}5 - f_K = 3{,}5a \quad (1) \\ -34{,}3 - 9{,}6 + N = 0 \Rightarrow N = 44N \end{cases}$$

Lembrando que $f_K = N\mu_K$ **tem-se o módulo da força de atrito:**

$f_K = N\mu_K$

$f_K = 44.0{,}25 = 11N$

A aceleração virá da equação (1)

$11{,}5 - 11 = 3{,}5a$

$$a = \frac{0{,}5}{3{,}5} = 0{,}14m/s^2$$

••17 Uma força horizontal $\vec{F}$ de 12 N empurra um bloco de 5,0 N de peso contra uma parede vertical (Fig. 6-26). O coeficiente de atrito estático entre a parede e o bloco é 0,60 e o coeficiente de atrito cinético é 0,40. Suponha que o bloco não esteja se movendo inicialmente. (a) O bloco vai se mover? (b) Qual é a força que a parede exerce sobre o bloco em termos dos vetores unitários?

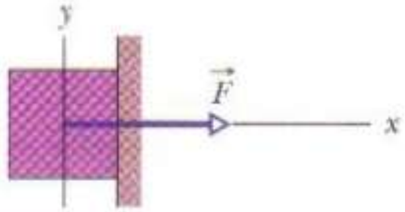
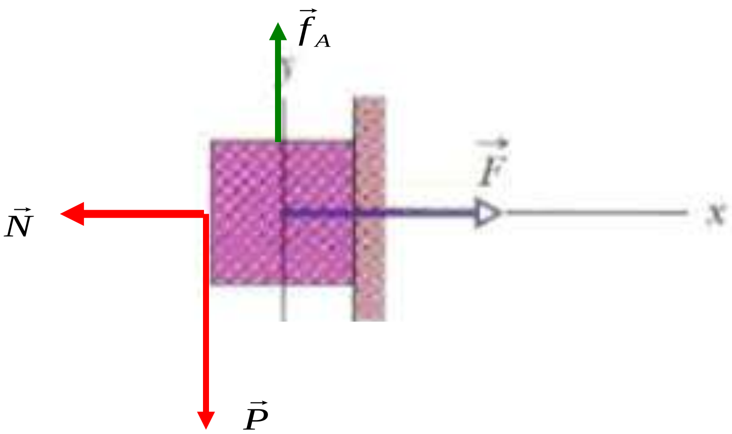


FIG. 6-26 Problema 17.



A equação vetorial do movimento será:

$$\vec{N} + \vec{P} + \vec{F} + \vec{f}_A = m.\vec{a}$$

Em termos de vetores unitários

$$-N\hat{i} + F\hat{i} - P\hat{j} + f_a\hat{j} = m.a\hat{j} \Rightarrow \begin{cases} -N\hat{i} + F\hat{i} = m.\vec{0} \Rightarrow N = F = 12N \quad (1) \\ \\ -P\hat{j} + f_a\hat{j} = m.a\hat{j} \Rightarrow -5{,}0\hat{j} + 7{,}2\hat{j} = 0{,}51a\hat{j} \quad (2) \end{cases}$$

a) **O bloco irá se mover se a força gravitacional for maior que a força de atrito estática.**

$f_S = \mu_S.N = 0{,}60.12 = 7{,}2N$

Como a força gravitacional (5 N) é menor que a força de atrito estática o bloco não irá se mover. Resolvendo-se a equação (2) determina-se a aceleração do bloco.

$2{,}2 = 0{,}51a \Rightarrow a = 4{,}31m/s^2$

b) **A força exercida pela parede sobre o bloco em termos de vetores unitários será:**
A força exercida pela parede corresponde à força normal mais a parte da força de atrito que equilibra a força gravitacional, assim:

$\vec{F}_p = (-12\hat{i} + 5{,}0\hat{j})N$

Observação: Não considerou-se a força de atrito total, pois a força de atrito deve equilibrar somente a força gravitacional do bloco

••21 Na Fig. 6-29, uma força $\vec{P}$ atua sobre um bloco com 45 N de peso. O bloco está inicialmente em repouso sobre um plano inclinado de ângulo $\theta = 15°$ com a horizontal. O sentido positivo do eixo x é para cima ao longo do plano. Os coeficientes de atrito entre o bloco e o plano são $\mu_s = 0{,}50$ e $\mu_k = 0{,}34$. Em termos dos vetores unitários, qual é a força de atrito exercida pelo plano sobre o bloco quando $\vec{P}$ é igual a (a) $(-5{,}0\text{ N})\hat{\text{i}}$, (b) $(-8{,}0\text{ N})\hat{\text{i}}$ e (c) $(-15{,}0\text{ N})\hat{\text{i}}$?

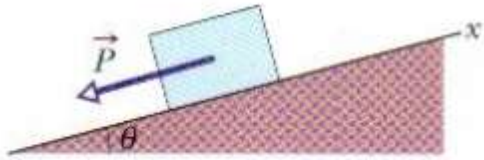
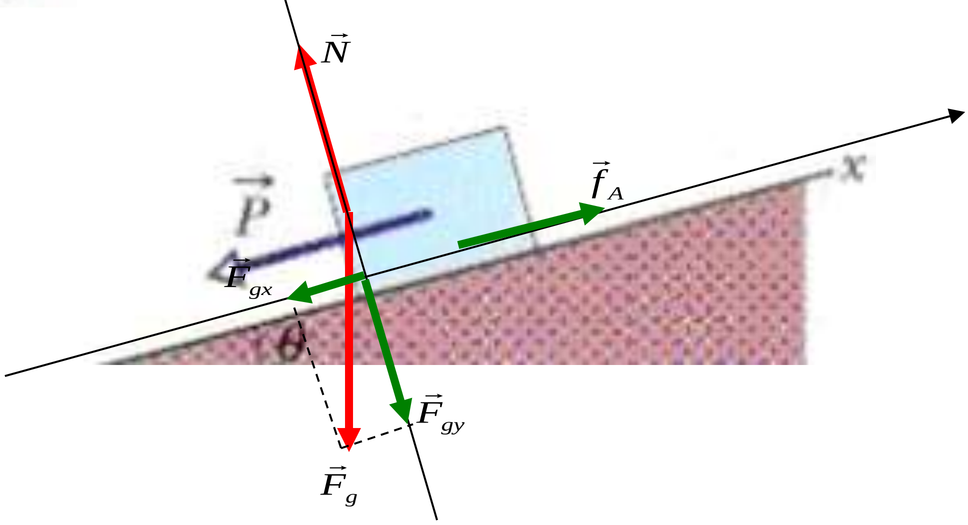


FIG. 6-29 Problema 21.



A equação vetorial do movimento será:

$$\vec{N} + \vec{P} + \vec{F}_g + \vec{f}_A = m.\vec{a}$$

Em vetores unitários

$$N\hat{j} - P\hat{i} + (-F_{gx}\hat{i} - F_{gy}\hat{j}) + f_A\hat{i} = m.a\hat{i}$$

As componentes da força gravitacional serão:

$$F_{gx} = 45sen15 = 12N$$

$$F_{gy} = 45\cos 15 = 43{,}5N$$

Resolvendo a equação para o eixo y para se determinar a força normal vem:

$$N\hat{j} - P\hat{i} + (-F_{gx}\hat{i} - F_{gy}\hat{j}) + f_A\hat{i} = m.a\hat{i} \Rightarrow \begin{cases} N\hat{j} - F_{gy}\hat{j} = \vec{0} \Rightarrow N - 43{,}5 = 0 \Rightarrow N = 43{,}5N \\ -P\hat{i} - F_{gx}\hat{i} + f_A\hat{i} = m.a\hat{i} \end{cases}$$

A força de atrito estática máxima será:

$$f_{S\max} = \mu_S N = 0{,}50.43{,}5 = 21{,}7N$$

a)

$$-P\hat{i} - F_{gx}\hat{i} + f_A\hat{i} = m.a\hat{i} \Rightarrow -5{,}0 - 12 + f_A = 4{,}6a$$

Observe na equação acima que a soma de 5,0 +12 =17 N que é menor que a força de atrito estática máxima que é 21,7 N. Assim o corpo irá ficar parado, ou seja, a aceleração será nula. Logo o corpo não irá descer.

$$-5{,}0-12+f_A=4{,}6a \Rightarrow f_A=17+4{,}6.0=17N$$

$$\vec{f}_A=(17\hat{i})N$$

b)

$$-P\hat{i}-F_{gx}\hat{i}+f_A\hat{i}=m.a\hat{i} \Rightarrow -8{,}0-12+f_A=4{,}6a$$

Observe na equação acima que a soma de 5,0 +12 =20 N que é menor que a força de atrito estática máxima que é 21,7 N. Assim o corpo irá ficar parado, ou seja, a aceleração será nula. Logo o corpo não irá descer.

$$-8{,}0-12+f_A=4{,}6a \Rightarrow f_A=20+4{,}6.0=20N$$

$$\vec{f}_A=(20\hat{i})N$$

c)

$$-P\hat{i}-F_{gx}\hat{i}+f_A\hat{i}=m.a\hat{i} \Rightarrow -15-12+f_A=4{,}6a$$

Observe na equação acima que a soma de 15 +12 =27 N que é menor que a força de atrito estática máxima que é 21,7 N. Assim o corpo irá ficar descer sob ação da força de atrito cinético, ou seja, o corpo terá a aceleração.

$$f_K=\mu_K N=0{,}34.43{,}5=15N$$

$$\vec{f}_K=(15\hat{i})N$$

••28 A Fig. 6-35 mostra três caixotes sendo empurrados sobre um piso de concreto por uma força horizontal $\vec{F}$ de módulo 440 N. As massas dos caixotes são $m_1 = 30{,}0$ kg, $m_2 = 10{,}0$ kg e $m_3 = 20{,}0$ kg. O coeficiente de atrito cinético entre o piso e cada um dos caixotes é de 0,700. (a) Qual é o módulo F_{32} da força exercida sobre o bloco 3 pelo bloco 2? (b) Se os caixotes deslizassem sobre um piso polido, cujo coeficiente de atrito cinético fosse menor que 0,700, o módulo F_{32} seria maior, menor ou igual ao seu valor quando o coeficiente de atrito era 0,700?

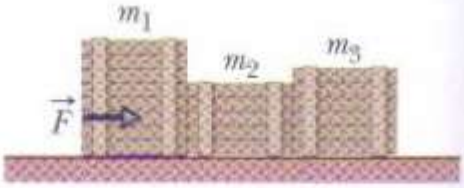
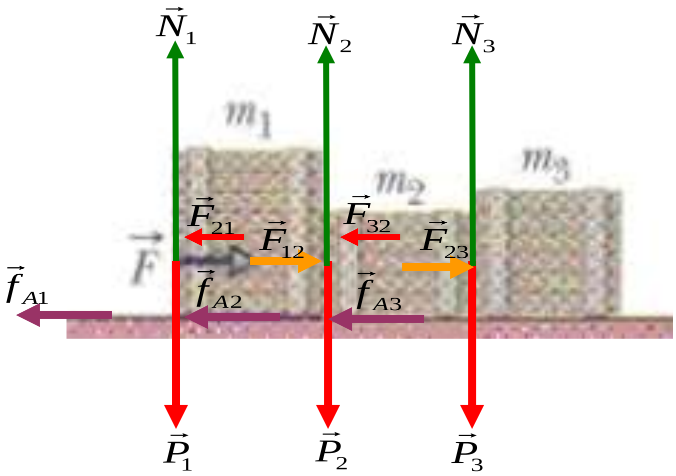
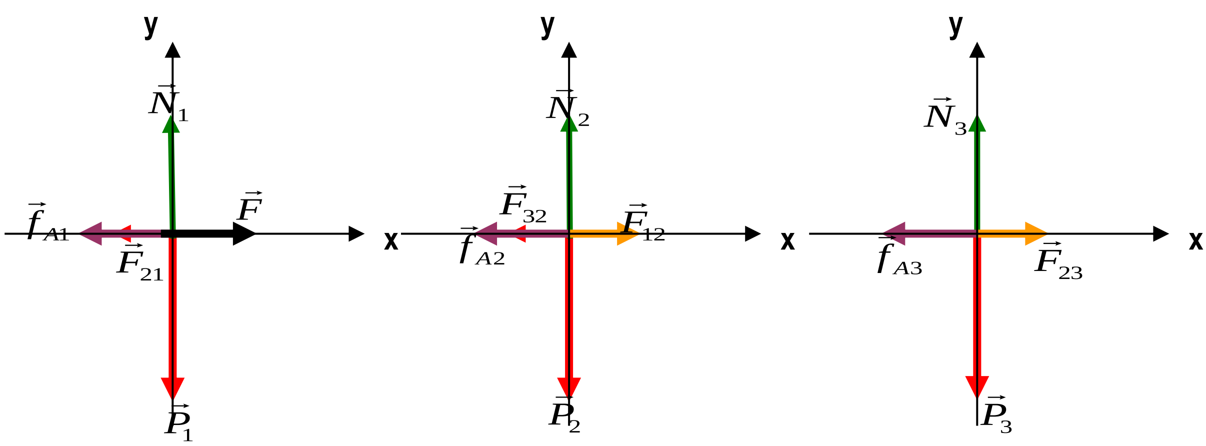


FIG. 6-35 Problema 28.

Marcando as forças que atuam sobre os corpos:



Separando os corpos e montando o diagrama de corpo livre:



Montando a equação do movimento para cada corpo:
Corpo 1:

$$\vec{N}_1 + \vec{P}_1 + \vec{f}_{A1} + \vec{F}_{21} + \vec{F} = m_1.\vec{a}$$

Corpo 2:

$$\vec{N}_2 + \vec{P}_2 + \vec{f}_{A2} + \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} = m_2.\vec{a}$$

Corpo 3:

$$\vec{N}_3 + \vec{P}_3 + \vec{f}_{A3} + \vec{F}_{23} = m_3.\vec{a}$$

Calculando a força gravitacional de cada corpo:

$$P_1 = 30{,}0.9{,}8 = 294N \quad P_2 = 10{,}0.9{,}8 = 98{,}0N \quad P_3 = 20{,}0.9{,}8 = 196N$$

Escrevendo as equações em termos de vetores unitários:

Corpo 1:

$$N_1\hat{j} - 294\hat{j} - f_{A1}\hat{i} - F_{21}\hat{i} + 440\hat{i} = 30{,}0.a\hat{i} \Rightarrow \begin{cases} -f_{A1} - F_{21} + 440 = 30{,}0.a \quad (1) \\ N_1 - 294 = 0 \Rightarrow N_1 = 294N \end{cases}$$

Corpo 2:

$$N_2\hat{j} - 98{,}0\hat{j} - f_{A2}\hat{i} + F_{12}\hat{i} - F_{32}\hat{i} = 10{,}0.a\hat{i} \Rightarrow \begin{cases} -f_{A2} + F_{12} - F_{32} = 10{,}0.a \quad (2) \\ N_2 - 98{,}0 = 0 \Rightarrow N_2 = 98{,}0N \end{cases}$$

Corpo 3:

$$N_3\hat{j} - 196\hat{j} - f_{A3}\hat{i} + F_{23}\hat{i} = 20{,}0.a\hat{i} \Rightarrow \begin{cases} -f_{A3} + F_{23} = 20{,}0.a \quad (3) \\ N_3 - 196 = 0 \Rightarrow N_3 = 196 \end{cases}$$

Calculando-se as forças de atrito

$$f_{A1} = \mu_K.N_1 = 0{,}700.294 = 206N \quad f_{A2} = \mu_K.N_2 = 0{,}700.98{,}0 = 68{,}6N \quad f_{A3} = \mu_K.N_3 = 0{,}700.196 = 137N$$

Substituindo os valores das forças de atrito nas equações (1), (2) e (3)

$$-206 - F_{21} + 440 = 30{,}0.a \quad (1)$$

$$-68{,}6 + F_{12} - F_{32} = 10{,}0.a \quad (2)$$

$$-137 + F_{23} = 20{,}0.a \quad (3)$$

a) **Resolvendo as equações (1) (2) e (3) lembrando que F_{12}=F_{21}=F e F_{32}=F_{23}=F'**

Da equação (1) $-206 - F + 440 = 30{,}0.a \Rightarrow \mathrm{F} = 234 - 30{,}0\mathrm{a} \quad (4)$

Com (4) na equação (2) $-68{,}6 + 234 - 30{,}0a - F' = 10{,}0.a \Rightarrow \mathrm{F'} = 165{,}4 - 40a \quad (5)$

Com (5) na equação (3) $-137 + 165{,}4 - 40a = 20{,}0.a \Rightarrow a = \dfrac{28{,}4}{60{,}0} = 0{,}473m/s^2$

Assim F_{32}=F_{23}=F', pode ser determinado pela equação (5)

$$\mathrm{F'} = 165{,}4 - 40a \Rightarrow \mathrm{F}_{23} = F_{32} = 165{,}4 - 40.(0{,}473) = 147N$$

b) **Reescrevendo as equações (1), (2) e (3) e fazendo F_{12}=F_{21}=F_1 e F_{32}=F_{23}=F_2**

$$-\mu_K.m_1g - F_1 + F = m_1.a \quad (1) \Rightarrow F_1 = -\mu_K.m_1g + F - m_1.a \quad (4')$$

Com 4' em (2) e isolando a força F, para ter-se a força F_2= F_{32}=F_{23}

$$-\mu_K.m_2g + F_1 - F_2 = m_2.a \quad (2) \Rightarrow -\mu_K.m_2g - \mu_K.m_1g + F - m_1.a - F_2 = m_2.a$$

$$F = \mu_K.g(.m_1 + m_2) + F_2 + (.m_1 + m_2)a \quad (5')$$

De (3) isola-se F_2 e substitui-se em 5'

$F_2 = m_3.a + \mu_K.m_3g$ **vem:**

$$F = \mu_K .g(.m_1 + m_2 + m_3) + (.m_1 + m_2 + m_3).a$$

$$\mu_K .g = \frac{F - (.m_1 + m_2 + m_3)a}{(m_1 + m_2 + m_3)} = \frac{F - Ma}{M} \text{ onde } \mathrm{M} = (m_1 + m_2 + m_3)$$

Substituindo este resultado em $F_2 = m_3.a + \mu_K .m_3 g$

$$F_2 = m_3.a + \mu_K .m_3 g = m_3(a + \frac{F - Ma}{M})$$

$$F_2 = m_3(\frac{Ma}{M} + \frac{F - Ma}{M}) = m_3 \frac{F}{M}$$

Este resultado mostra claramente que o valor da força $F_2 = F_{32} = F_{23}$ independe do valor do coeficiente de atrito.

••29 O bloco A da Fig. 6-36 pesa 102 N, e o bloco B pesa 32 N. Os coeficientes de atrito entre A e a rampa são $\mu_s = 0{,}56$ e $\mu_k = 0{,}25$. O ângulo θ é igual a 40°. Suponha que o eixo x é paralelo à rampa, com o sentido positivo para cima. Em termos dos vetores unitários, qual é a aceleração de A se A está inicialmente (a) em repouso, (b) subindo a rampa e (c) descendo a rampa?

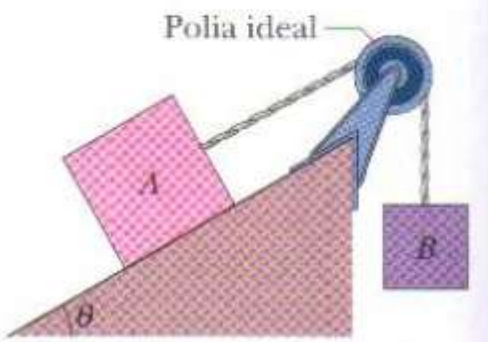
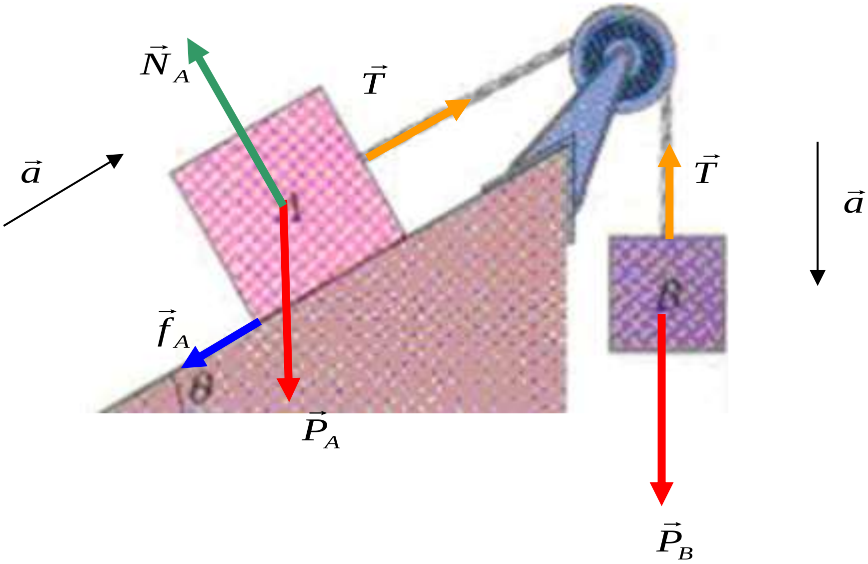
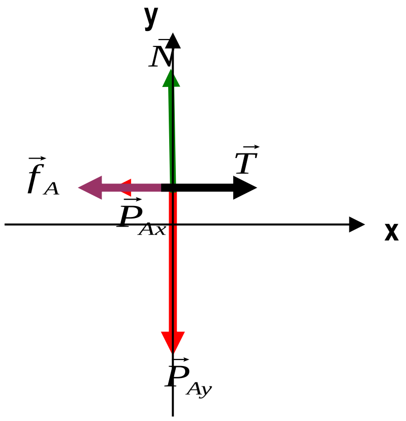


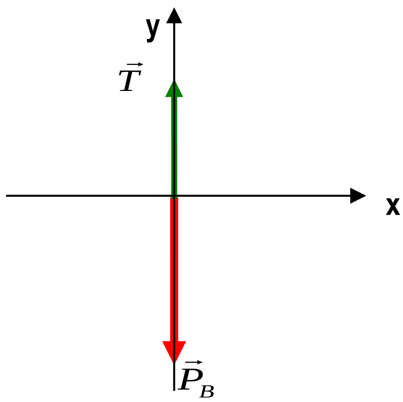
FIG. 6-36 Problemas 29 e 30.

Marcando as forças que atuam sobre os corpos:



O diagrama de corpo livre de cada corpo será:





Determinando as componentes da força gravitacional do corpo A:

$$P_{Ax} = 102 sen 40 = 66N$$
$$P_{Ay} = 102 \cos 40 = 78N$$
$$P_B = 32N$$

As equações de movimento dos corpos serão:
Corpo A:

$$\vec{f}_A + \vec{T} + \vec{N} + \vec{P}_A = m_A.\vec{a} \Rightarrow \begin{cases} -f_A - P_{Ax} + T = m_A.a \Rightarrow -f_A - 66 + T = 10{,}4.a \\ N - P_{Ay} = 0 \Rightarrow N = 78N \end{cases}$$

Corpo B:

$$\vec{T} + \vec{P}_B = m_B.\vec{a} \Rightarrow \{T - P_B = -m_{B.}.a \Rightarrow T - 32 = -3{,}26a$$

a) Se a aceleração é nula, isto implica no corpo estar parado ou se movimentando com velocidade constante.
Na situação de repouso, a=0 m/s², assim da equação do corpo B:

$$T - 32 = -3{,}26a \Rightarrow T = -3{,}26.0 + 32 = 32N$$

Com este resultado na equação do corpo A, tem-se:

$$-f_A - 66 + T = 10{,}4.a \Rightarrow -f_A - 66 + 32 = 0 \Rightarrow f_A = 34N$$

A força de atrito estática pois o corpo estaria parado será:

$$f_S = \mu_S.N = 0{,}56.78 = 44N$$

A força de atrito calculada é 34 N e a força de atrito estática é 44 N, sendo maior que a calculada, implicando em o corpo realmente estar em repouso.

b)Como o corpo sobre a rampa atua o atrito cinético. Assim:

$$\vec{f}_A + \vec{T} + \vec{N} + \vec{P}_A = m_A.\vec{a} \Rightarrow \begin{cases} -f_K - P_{Ax} + T = m_A.a \Rightarrow -\mu_K.N - 66 + T = 10{,}4.a \\ N - P_{Ay} = 0 \Rightarrow N = 78N \end{cases}$$

$$-0{,}25.78 - 66 + T = 10{,}4.a \Rightarrow -85{,}5 + T = 10{,}4a \Rightarrow T = 10{,}4a + 85{,}5$$

$$\vec{T} + \vec{P}_B = m_B.\vec{a} \Rightarrow \{T - P_B = -m_{B.}.a \Rightarrow T - 32 = -3{,}26a$$

$$T - 32 = -3{,}26a \Rightarrow 10{,}4a + 85{,}5 - 32 = -3{,}26a \Rightarrow a = \frac{53{,}5}{-13{,}7} = -3{,}90m/s^2$$

$$\vec{a} = (-3{,}90\hat{i})m/s^2$$

c) No caso do corpo descendo, as equações do movimento tornam-se:

Corpo A:

$$\vec{f}_A + \vec{T} + \vec{N} + \vec{P}_A = m_A.\vec{a} \Rightarrow \begin{cases} f_A - P_{Ax} + T = -m_A.a \Rightarrow \mu_K N - 66 + T = -10{,}4.a \\ N - P_{Ay} = 0 \Rightarrow N = 78N \end{cases}$$

Corpo B:

$$\vec{T} + \vec{P}_B = m_B.\vec{a} \Rightarrow \{T - P_B = m_{B.}.a \Rightarrow T - 32 = 3{,}26a$$

$$\mu_K N - 66 + T = -10{,}4.a \Rightarrow 0{,}25.78 - 66 + T = -10{,}4.a \Rightarrow 19{,}5 - 66 + T = -10{,}4a \Rightarrow T = -10{,}4a + 46{,}5$$

$$T - 32 = 3{,}26a \Rightarrow -10{,}4a + 46{,}5 - 32 = 3{,}26a \Rightarrow a = \frac{-14{,}5}{13{,}7} = -1{,}0m/s^2$$

$$\vec{a} = (-1{,}0\hat{i})m/s^2$$

••47 Na Fig. 6-41, um carro passa com velocidade constante por uma elevação circular e por uma depressão circular de mesmo raio. No alto da elevação a força normal exercida sobre o motorista pelo assento do carro é zero. A massa do motorista é de 70,0 kg. Qual é o módulo da força normal exercida pelo assento sobre o motorista quando o carro passa pelo fundo do vale?

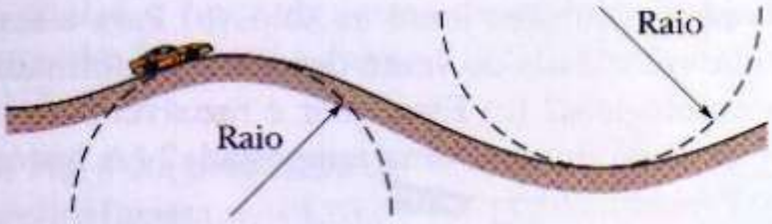
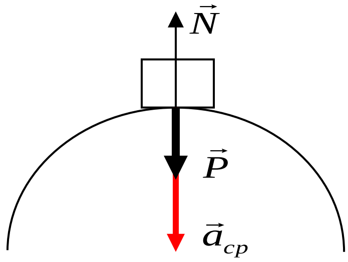


FIG. 6-41 Problema 47.

Este problema é similar ao exemplo resolvido no livro (6.7 página 137 ed 8). Assim:



$$\vec{F}_{res} = m.\vec{a} \Rightarrow N - P = -m.a_{cp}$$

$$N = -\frac{mv^2}{R} + P$$

No topo F_N=0

$$0 = -\frac{mv^2}{R} + P \Rightarrow v = \sqrt{R.g}$$

No vale ter-se-á a inversão da aceleração, assim:

$$\vec{F}_{res} = m.\vec{a} \Rightarrow N - P = m.a_{cp}$$

$$N = \frac{mv^2}{R} + mg \Rightarrow \frac{m(\sqrt{Rg})^2}{R} + mg \Rightarrow 2mg$$

$$N = 2.70,0.9,82 = 1375N$$

65 Um bloco de massa m_a = 4,0 kg é colocado em cima de um outro bloco de massa m_b = 5,0 kg. Para fazer o bloco de cima deslizar sobre o de baixo enquanto este é mantido fixo é preciso aplicar ao bloco de cima uma força horizontal de no mínimo 12 N. O conjunto de blocos é colocado sobre uma mesa horizontal sem atrito (Fig. 6-51). Determine o módulo (a) da maior força horizontal $\vec{F}$ que pode ser aplicada ao bloco de baixo sem que os blocos deixem de se mover juntos e (b) a aceleração resultante dos blocos.

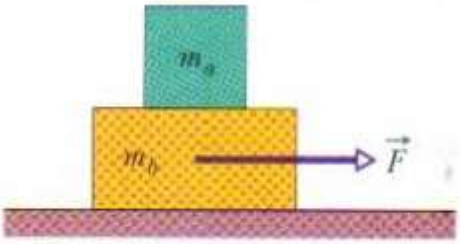


FIG. 6-51 Problema 65.

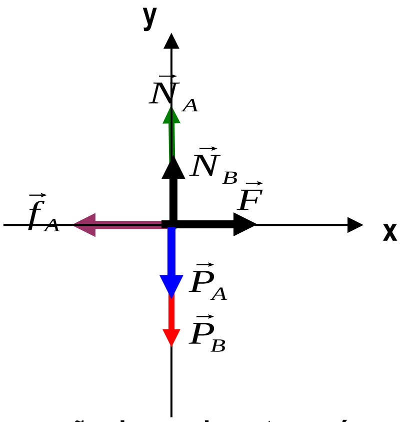
a) **Inicialmente usando a primeira condição, tem-se o bloco de baixo parado e uma força de 12 N movimentando o bloco superior. Com esta condição pode-se determinar o coeficiente de atrito entre o corpo A e B. Assim:**

$$f_S = \mu_S . N_A$$

Mas a força de atrito estática deve ser igual a força de 12 N segundo o enunciado, assim:

$$f_S = \mu_S . N_A \Rightarrow F = \mu_S . N_A \Rightarrow \mu_S . = \frac{F}{N_A} = \frac{12}{4.9,8} = 0,31$$

O diagrama de corpo livre será:



A equação do movimento será:

$$\vec{f}_A + \vec{F} + \vec{N}_A + \vec{N}_B + \vec{P}_A + \vec{P}_B = (m_A + m_B).\vec{a}$$

A equação para o eixo x será:

$$\vec{f}_A + \vec{F} = (m_A + m_B).\vec{a}$$

Em módulo será:

$$- f_A + F = (m_A + m_B).a$$

$$- \mu(m_A).g + F = (m_A + m_B).a$$

Como o bloco B deve ficar parado:

$$-\mu(m_A + m_B).g + F = (m_A + m_B).0$$
$$F = \mu\ m_A g + \mu.m_B g = 0{,}31.4{,}0.9{,}8 + 0{,}31.5{,}0.9{,}8 = 27N$$

b) A aceleração será:

$$a(m_a + m_B) = 27$$

c)

$$a = \frac{27}{9{,}0} = 3{,}0m/s^2$$

65 Um bloco de massa m_a = 4,0 kg é colocado em cima de um outro bloco de massa m_b = 5,0 kg. Para fazer o bloco de cima deslizar sobre o de baixo enquanto este é mantido fixo é preciso aplicar ao bloco de cima uma força horizontal de no mínimo 12 N. O conjunto de blocos é colocado sobre uma mesa horizontal sem atrito (Fig. 6-51). Determine o módulo (a) da maior força horizontal $\vec{F}$ que pode ser aplicada ao bloco de baixo sem que os blocos deixem de se mover juntos e (b) a aceleração resultante dos blocos.

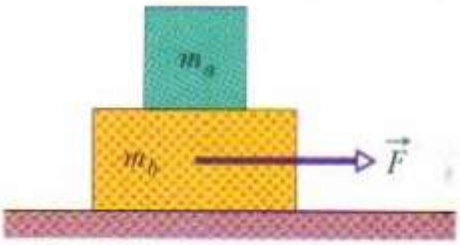
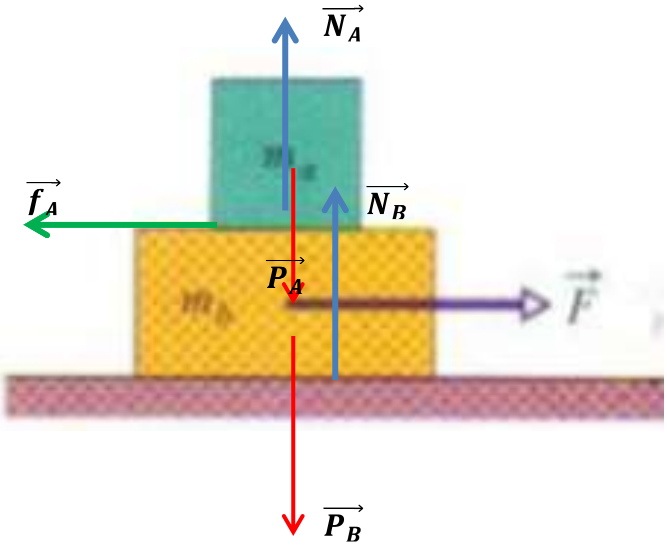
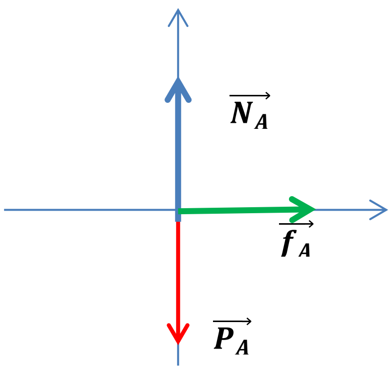


FIG. 6-51 Problema 65.

Marcando as forças que atuam sobre os corpos:

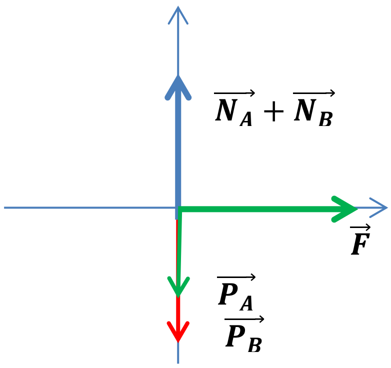


O diagrama de corpo livre para o corpo de cima:



$$\overrightarrow{N_A} + \overrightarrow{P_A} + \overrightarrow{f_A} = (m_A).\vec{a} \begin{cases} \overrightarrow{f_A} = m_A.\vec{a} \rightarrow f_A = (m_A).a \rightarrow a = \dfrac{f_A}{m_A} \quad (1) \\ \overrightarrow{N_A} + +\overrightarrow{P_A} = m_A.\vec{a} \rightarrow N_A - P_A = 0 \end{cases}$$

O diagrama de corpo livre para o corpo de baixo:



$$\overrightarrow{N_A} + \overrightarrow{N_B} + \overrightarrow{P_A} + \overrightarrow{P_B} + \vec{F} = (m_A + m_B).\vec{a} \begin{cases} \vec{F} = (m_A + m_B).\vec{a} \rightarrow F = (m_A + m_B).a \quad (2) \\ \overrightarrow{N_A} + \overrightarrow{N_B} + \overrightarrow{P_A} + \overrightarrow{P_B} = (m_A + m_B).\vec{a} \rightarrow N_A + N_B = P_B + P_A \end{cases}$$

Assim com (1) em (2) vem, lembrando que no mínimo a força de atrito deverá ser igual em módulo à força F ($f_A = 12\ N$),

$$F = (m_A + m_B).\frac{f_A}{m_A} = (4,0 + 5,0).\frac{12}{4,0} = 27N$$

a) **A aceleração do conjunto será:**

$$F = (m_A + m_B).a$$

$$27 = (4,0 + 5,0).a$$

$$a = \frac{27}{9,0} = 3\ m/s^2$$